



Selvkørende biler i de samfundsøkonomiske analyser af vejinfrastruktur - Et litteraturstudie

Hjorth, Katrine; Pilegaard, Ninette

Publication date:
2018

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Hjorth, K., & Pilegaard, N. (2018). *Selvkørende biler i de samfundsøkonomiske analyser af vejinfrastruktur - Et litteraturstudie*. DTU Management.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Selvkørende biler i de samfundsøkonomiske analyser af vejinfrastruktur

Et litteraturstudie

Katrine Hjorth og Ninette Pilegaard

Oktober 2018

Selvkørende biler i de samfundsøkonomiske analyser af vejinfrastruktur

Et litteraturstudie

Rapport

2018

Af

Katrine Hjorth og Ninette Pilegaard

Copyright: Hel eller delvis gengivelse af denne publikation er tilladt med kildeangivelse

Udgivet af: Institut for Teknologi, Ledelse og Økonomi, Akademivej, Bygning 358,
2800 Kgs. Lyngby

Rekvireres: www.man.dtu.dk

ISBN: 978-87-93458-69-7 (elektronisk udgave)

Indhold

1.	Indledning	6
1.1	Baggrund	6
1.2	Afgrænsning af studiet	6
2.	Selvkørende biler i den samfundsøkonomiske analyse.....	8
2.1	Generelt om samfundsøkonomisk metode og dens delelementer	8
2.2	En ad-hoc-metode.....	12
3.	Værdisætning af rejsetid i selvkørende biler.....	17
3.1	Teoretiske resultater	17
3.2	Empiriske resultater om VTT i AV'er	18
3.3	Willingness-to-pay (WTP) for selvkørende biler eller specifikke servicefunktioner.....	31
3.4	Værdisætning af rejsetid i andre transportmidler af relevans for selvkørende biler.....	35
3.5	Kvalitative resultater om værdisætning af rejsetid i selvkørende biler.....	38
4.	Opsummering.....	40
4.1	Erfaringer vedrørende den samfundsøkonomiske metode	40
4.2	Erfaringer vedrørende tidsværdier	41
4.3	Øvrige bemærkninger om tidsværdier.....	42
4.4	Analysemuligheder på kort og længere sigt.....	43
	Referencer	46
	Bilag A Klassificering af selvkørende biler	49
	Tak til.....	52

1. Indledning

I denne rapport sammenfattes international viden og erfaringer angående inddragelse af selvkørende biler i samfundsøkonomiske analyser af vejinfrastrukturprojekter med særligt fokus på tilpasning af tidsværdier. Rapporten består af to dele: Et afsnit, der omhandler den samfundsøkonomiske analysemetode, og et afsnit om værdisætning af tidsgevinster.

1.1 Baggrund

Transportministeriet har veldefinerede retningslinjer for samfundsøkonomiske analyser af transport- og infrastruktur, men beregningerne i disse analyser (både trafikfremskrivningerne fra Landstrafikmodellen, OTM og andre modeller og beregningerne i TERESA) er i høj grad baseret på den nuværende trafikale situation. Hvis selvkørende biler bliver væsentligt udbredt, vil det ændre de forskellige elementer i analysen. Her er rejsetid og gevinsten af sparet rejsetid helt centrale.

I en situation med en væsentlig udbredelse af selvkørende biler kan man forestille sig, at rejsetid for brugere af selvkørende biler har en mindre samfundsøkonomisk omkostning end rejsetid for konventionelle bilførere, da førstnævnte har mulighed for at anvende rejsetiden til andet end bare kørsel. Dette vil påvirke størrelsen af de samfundsøkonomiske gevinster ved rejsetidsbesparelser, både direkte via tidsværdierne og indirekte via ændret transportmiddelvalg og transportefterspørgsel.

Hvis de samfundsøkonomiske analyser skal tage højde for dette, skal man i princippet både kende tidsværdien for brugere af selvkørende biler samt kunne modellere transportmiddelvalg og efterspørgsel i en verden med selvkørende biler, så man kender fordelingen af rejser med forskellige formål og turlængder. Dette er ret omfattende, da det involverer en større udvidelse af trafikmodellerne, f.eks. Landstrafikmodellen (LTM), og kræver detaljeret viden om såvel teknologi som befolkningens præferencer for de fordele, som selvkørende biler har. Denne viden er aktuelt ikke tilgængelig eller mulig at skaffe fuldt ud. I stedet er det muligt at udvikle en ad-hoc metode, som kan give et groft skøn over konsekvenserne af at inkludere selvkørende biler i de samfundsøkonomiske analyser.

1.2 Afgrænsning af studiet

Transport DTU har for Vejdirektoratet udarbejdet denne rapport, som indsamler relevant viden og erfaringer på området. Vi beskriver på basis af et litteraturstudie, hvor langt transportforskningen er nået med hensyn til værdisætning af rejsetid i selvkørende biler, i hvilket omfang der er gjort forsøg på at lave samfundsøkonomiske analyser på området, og hvordan dette er gjort. Endelig giver vi en kort opsummering og nogle betragtninger om, hvad der er muligt at implementere i den samfundsøkonomiske analyse på kort sigt.

I denne rapport går vi ikke ind i beskrivelser af tekniske detaljer vedr. selvkørende køretøjer. Vi diskuterer således ikke, hvilke teknologier, som bliver fremherskende, eller driftssikkerheden ved de forskellige typer af teknologier. Formålet med denne rapport er alene at belyse, i hvilket omfang den selvkørende teknologi vil få indflydelse på effekten af infrastrukturen i fremtiden, og

i hvilket omfang dette vil påvirke den aktuelle samfundsøkonomiske vurdering af fremtidige infrastrukturprojekter. Da fokus er på effekten i forhold til cost-benefit analysen (CBA), er tidshorisonten ca. 50 år, da det er standard i CBA'er inden for transport. Det vurderes, at det i den sammenhæng ikke er afgørende, hvilken type af selvkørende teknologi, som vil kunne tænkes, men først og fremmest om, der bliver en udpræget grad af selvkørende teknologier udbredt, hvor føreren vil kunne fjerne fokus helt fra kørslen på hele eller dele af turen. Fokus i denne rapport er på den generelle metode og på konsekvenser af ændringer i tidsværdierne som følge af selvkørende teknologier.

Selvående biler kan tænkes at påvirke bosætning og bystrukturer. Den samfundsøkonomiske metode tager i dag dog kun i begrænset omfang højde for, hvordan transportinfrastruktur kan påvirke lokalisering, og vi kommer derfor heller ikke nærmere ind på dette i denne rapport.

Visioner om selvkørende biler præsenteres ofte samtidig med visioner om større udbredelse af dele-økonomi inden for transportsystemet (især delebiler eller mere fleksible flex-mini-busser). I rapporten fokuseres på den selvkørende teknologi, da det vurderes, at udviklingen af selvkørende teknologi og dele-økonomi i transportsektoren ikke nødvendigvis udvikler sig samtidigt, og at dette i givet fald også vil kræve en vis form for regulermæssige indgreb. Af samme grund ser vi heller ikke på betydningen af selvkørende busser eller andre forandringer i den kollektive trafik. Litteraturgennemgangen af tidsværdierne dækker dog også de studier, der beskæftiger sig med delte selvkørende biler eller selvkørende taxa'er, men i forbindelse med den samfundsøkonomiske analyse begrænser vi os til kun at tage højde for udviklingen indenfor private selvkørende biler. Tilsvarende går rapporten også kun i mindre omfang ind i beskrivelser af forventningerne til markedspotentiale og udbredelse for selvkørende biler.

I denne rapport anvender vi følgende klassificering af selvkørende biler, som også anvendes af Vejdirektoratet (fra Society of Automotive Engineers, se en detaljeret beskrivelse i Appendix A1):

- **Niveau 0:** Ingen automatisering
- **Niveau 1:** Førerstøtte (hjælp til styring, acceleration og nedbremsning)
- **Niveau 2:** Delvis automatisering
- **Niveau 3:** Betinget automatisering
- **Niveau 4:** Høj grad af automatisering (men brugeren skal kunne gribe ind i visse situationer)
- **Niveau 5:** Fuld automatisering, og fuldt selvkørende i alle situationer

I litteraturgennemgangen har vi overvejende fundet resultater om niveau 5, men også enkelte resultater angående de øvrige niveauer. I gennemgangen findes både studier, der anvender ovenstående klassificering (nyere, europæiske studier) samt studier, der anvender klassificeringen fra USA's National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA, 2013), som er beskrevet i Appendix A2. Vi antager, at det maksimale niveau i de to klassificeringer er sammenligneligt. Når vi præsenterer resultater, der anvender NHTSA-klassificeringen, gør vi eksplicit opmærksom på dette.

2. Selvkørende biler i den samfundsøkonomiske analyse

Vi ser nu først på, hvordan selvkørende biler (AV'er, for *autonomous vehicles*) kan tænkes at påvirke den samfundsøkonomiske analyse af infrastrukturprojekter. Dernæst vurderes, hvilke forsimplende antagelser og nødvendige input man kunne bruge til at tilpasse metoden til at tage højde for AV'er på kort sigt. Endelig ses på, i hvilket omfang der er konkrete erfaringer med beregninger med sådanne tilpasninger.

2.1 Generelt om samfundsøkonomisk metode og dens delelementer

I den samfundsøkonomiske metode indgår typisk følgende hovedelementer:

- Drifts- og anlægsomkostninger
- Brugergevinster
 - Tidsgevinster
 - Kørselsomkostninger
 - Brugerbetaling
- Effekter hos operatører
- Eksterne effekter
- Afgiftskonsekvenser for det offentlige
- Forvriddingseffekter
 - Arbejdsudbudsforvridding
 - Arbejdsudbudsgevinst

Når man skal se på, hvordan AV'er kan påvirke resultaterne af de samfundsøkonomiske analyser, skal man derfor se på, hvilke af de enkelte elementer i analysen der påvirkes og hvordan. Det er således ikke en CBA af AV'er i sig selv, som vi er interesserede i, men påvirkningen af AV'er på resultaterne af CBA'er for infrastrukturprojekter, hvor fokus her vil være på vejprojekter. Af samme grund fokuserer vi primært på effekten på person-, vare- og lastbiler, og ser bort fra effekten i kollektiv transport. Det er dog værd at bemærke, at selvkørende teknologi potentielt kan lede til væsentligt reducerede omkostninger og øget regularitet i den kollektive trafik.

I nedenstående Tabel 1 opsummerer vi, hvordan de enkelte elementer kan tænkes påvirket af AV'er. Efterfølgende går vi lidt mere i dybden med udvalgte elementer.

Tabel 1: Oversigt over effekter

Element	Effekt som følge af AV	Vurdering af størrelsen af effekt i forhold til samlet samfundsøkonomisk resultat
Drifts- og anlægsomkostninger	<i>Som udgangspunkt ser vi på situationen, hvor AV'er benytter den eksisterende infrastruktur. Overordnede drifts- og anlægsomkostninger forventes derfor ikke at blive påvirkede af AV'er. En potentiel mulighed for at lave smallere vognbaner som følge af AV'er kan dog lede til lavere omkostninger i forhold til kapaciteten i vejprojekter.</i>	Mindre
Brugergevinster, tidsgevinster, personer	<i>Tidsværdierne forventes at blive påvirkede af AV'er, og dermed bliver værdien af tidsgevinsterne også påvirket. Samtidig kan forventes en effekt på efterspørgslen og måske hastigheder og regularitet/ rejsetidsvariabilitet, som igen kan påvirke tidsgevinsterne</i>	Væsentlig påvirkning. Dette er særlig vigtigt, da tidsgevinster jo ofte er den vigtigste gevinst ved nye veje.
Brugergevinster, kørselsomkostninger, persontrafik	<i>Omkostningerne ved at anskaffe sig en bil kan tænkes at stige som følge af AV'er. Det må dog formodes, at AV'er kun vil få en væsentlig udbredelse, hvis stigningen er moderat. Samtidig kan AV'er tænkes at lede til et reduceret brændstoffsforbrug som følge af mere efficient kørsel. Potentiale for højere hastigheder pga. AV'er vil dog øge brændstoffsforbruget pr. km igen. En eventuel ændret belægningsgrad (færre passagerer pr tur) vil dog også påvirke km-prisen. Igen må effekten dog forventes at være moderat, da efterspørgslen ellers vil være begrænset. Ser man derimod på taxi-kørsel så udgør chauffør-lønnen en markant del af prisen, og AV-teknologi vil derfor kunne sænke denne væsentligt. Effekten af et vejprojekt, som genererer mere trafik, vil derfor give en lidt større omkostning til kørselsomkostninger i privatbiler og en lidt mindre omkostning til kørselsomkostninger i taxier. Netto vil effekten nok blive lidt større omkostninger</i>	Mindre påvirkning ved personbiler. Større påvirkning ved taxi, som dog har en lille andel af transportarbejdet. Samlet bliver effekten nok begrænset.
Brugergevinster, tidsgevinster, gods	<i>Tidsværdien for gods vil ikke ændres som følge af AV'er.</i>	Ingen
Brugergevinster, kørselsomkostninger, vare- og lastbiler (gods)	<i>Chaufførlønninger udgør en væsentlig del af omkostningerne ved godstransport i vare- og lastbiler. Man må derfor forvente, at AV kan lede til en væsentlig besparelse. Denne besparelse må også forventes at overstige en evt. stigning i anskaffelsesprisen for køretøjet. Igen kan der dog tænkes en mindre modvirkende effekt som følge af eventuel ændret udnyttelsesgrad. Samlet bliver ekstraomkostningerne ved et vejprojekt, som genererer mere trafik, derfor forventeligt mindre.</i>	Væsentlig påvirkning
Brugergevinster, brugerbetaling	<i>Brugerbetaling vil forventeligt ikke ændres som følge af AV'er</i>	Ingen

Effekter hos operatører	<i>Effekter hos de private operatører forventes ikke at blive påvirkede. I det omfang, der sker en væsentlig overflytning af trafik mellem transportmidler kan der naturligvis tænkes en effekt hos operatørerne, men denne vil i givet fald også afhænge af regulering og politik. Da vi i første omgang fokuserer på vejtrafik, ignorerer vi derfor denne.</i>	Ingen/lille
Eksterne effekter, miljø og klima	<i>AV'er kan give anledning til mere brændstoefficient kørsel, hvilket giver en reduktion af eksterne miljø- og klimaeffekter. Dette kan dog blive modvirket af eventuelt højere hastigheder. Samlet må effekten dog formodes at være begrænset.</i>	Mindre; samtidig udgør de eksterne miljø- og klimaeffekter ofte en mindre del af effekterne ved infrastrukturprojekter i forvejen.
Eksterne effekter, uheld	<i>De fleste studier mener, at AV'er vil reducere antallet af uheld. Der er dog også studier som peger på det modsatte. Samlet vurderes det i disse betragtninger dog, at AV'er vil kunne reducere antallet af uheld, da det ellers ikke vil være realistisk, at de får lov at få en væsentlig udbredelse. Det betyder også, at et vejprojekt, som kan tænkes at lede til flere ulykker, vil få lidt mindre ekstra omkostninger.</i>	Mindre; effekten på uheldsfrekvensen kan tænkes at være markant, men vejer næppe tungt i forhold til de samlede effekter.
Afgiftskonsekvenser	<i>Afgiftskonsekvenserne af AV'er vil komme til udtryk, hvis der sker en væsentlig ændring i transportomfanget eller transportmiddelvalget. Det antages ikke, at der sker en generel ændring i afgiftsstrukturen, da dette i givet fald ikke kan knyttes specifikt til AV'er, men til en ændret afgiftsstruktur.</i>	Lille
Forvridningseffekter	<i>Såfremt brugergevinsterne knyttet til pendling og erhvervstransport ændres væsentligt, vil der også ske en ændring af arbejdsudbudsgevinsten. Arbejdsudbudsforvridningen vil kun påvirkes i det omfang, der sker en ændring i afgiftskonsekvenserne, da vi her kun forventer mindre ændringer i drifts- og anlægsomkostninger.</i>	Moderat påvirkning

Samlet ses, at det især er tidsværdier og tidsgevinster (effekt på samlet efterspørgsel, transportmiddelvalg og trængsel), som forventes at kunne påvirke resultaterne i en CBA markant. Det er derfor disse elementer, der især bør få opmærksomhed i en metode til inddragelse af AV'er i CBA.

I næste afsnit behandles disse mere afgørende elementer lidt nærmere.

2.1.1 Specifikke elementer i den samfundsøkonomiske metode

Effekt på samlet trafikomfang:

Der er en række måder, hvorpå selvkørende biler kan påvirke det samlede trafikomfang. Litman (2018) opstiller følgende argumenter for, hvordan AV'er kan hhv. øge og reducere trafikarbejdet (se Tabel 2).

Tabel 2: Litman's (2018) oversigt over effekter på trafikarbejdet (tilpasset version)

Øger trafikarbejdet	Reducerer trafikarbejdet
<ul style="list-style-type: none">• Øget trafikarbejde af personer uden kørekort samt personer der af andre årsager ikke fører konventionelle biler• Øget komfort og produktivitet under rejsen øger efterspørgslen• Tom-kørsel i forbindelse med hentning og aflevering• Tilskyndelse til øget "urban sprawl"• Reduktion af visse omkostninger kan øge efterspørgslen	<ul style="list-style-type: none">• Mere fleksible og komfortable delebiler kan reducere bilejerskab og brug• AV busser kan forbedre transit og dermed øge kollektiv trafik• Det kan blive mere attraktivt at bo i byen, hvis parkering og risiko ved trafik reduceres.• Cruising i forbindelse med parkering reduceres.

For flere af argumenterne kan man diskutere fortegnet, f.eks. for effekten af delebiler, ligesom effekten af AV'er på lokalisering og dermed trafikarbejdet kan gå flere veje. Litman vurderer, at trafikarbejdet samlet set vil stige 3-11% som følge af AV'er. Milakis et al (2017) vurderer ligeledes, på basis af et litteraturstudie, at AV'er samlet set vil lede til en stigning i trafikarbejdet på 3-27% som følge af ændringer i destination, transportmiddelvalg, og øget mobilitet (f.eks. fra grupper, som ikke hidtil har kunnet køre bil som eksempelvis unge uden kørekort og ældre mobilitetsbesværede). UCL (2017a,b) finder ligeledes modsatrettede effekter på samlet trængsel (bedre udnyttelse af kapaciteten, men større efterspørgsel), og anfører på basis af et litteraturstudie, at der er usikkerhed om den samlede effekt.

Kapacitet:

Betydningen af selvkørende biler for udnyttelsen af det eksisterende vejnet er også et afgørende element. Transport DTU behandler i en selvstændig rapport (Transport DTU, 2018) dette emne nærmere.

Tidsværdier:

Størrelsen af tidsværdier i AV'er i forhold til i konventionelle biler kan blive helt afgørende for såvel udbredelsen af AV'er, effekten på transportefterspørgslen og værdien af tidsgevinster. I rapportens afsnit 3 går vi i dybden med beskrivelsen af effekten på tidsværdierne.

Kørselsomkostninger (monetære):

UCL (2017a) anfører generelt, at der hidtil har været langt mest fokus på tekniske og teknologiske aspekter og langt mindre på adfærdsmæssige, som der markant mangler forskning indenfor. Dette er især relevant, fordi disse aspekter ikke kan betragtes isoleret. Det giver f.eks. ikke mening at diskutere selvkørende biler alene ud fra et teknisk perspektiv, hvis man ikke har vurderet, om der er rimelig efterspørgsel efter og betalingsvilje for teknologien. Mht. kørselsomkostninger forventes generelt, at biler med selvkørende teknologi vil blive dyrere end konventionelle. Det er dog svært at vurdere hvor meget. Mikakis et. al (2017) forventer ligeledes højere anskaffelsespriser for biler med selvkørende teknologi, men størrelsen vil blandt andet

afhænge af udbredelsen. Der er også usikkerhed om effekten på prisen på forsikringer, som blandt andet fremført af Litman (2018).

Trafiksikkerhed:

Et andet element, som får stor opmærksomhed i forbindelse med AV'er, er sikkerhed, som formodentlig også vil være en helt afgørende faktor for muligheden for udbredelse af teknologien. Trafiksikkerhed berøres derfor også kort her, men har ikke haft særskilt fokus i dette studie.

Mikakis et al forventer samlet set en positiv effekt på trafiksikkerheden som følge af AV'er. Dette vil betyde, at eksternalitetsomkostningen som følge af trafikuheld generelt vil falde, og at eksternaliteten ved infrastrukturprojekter, som leder til større trafikarbejde, typisk vil blive en smule mindre. UCL (2017a,b) finder ligeledes, at trafiksikkerheden formodentlig vil stige som følge af AV'er. Det anføres dog også, at opfattelsen af næsten 100% sikkerhed næppe er realistisk, og at det er nødvendigt med forskning indenfor, hvilken grad af sikkerhed (eller manglende sikkerhed), som er realistisk for befolkningen. Litman kommer med en lignende vurdering af trafiksikkerhed. Når man i dag anfører, at trafiksikkerheden med AV'er vil stige, så er det på basis af de aktuelle trafikuheld, hvor den menneskelige faktor spiller ind i langt størstedelen af tilfældene. Ifølge Litman kan man dog ikke bruge dette argument til at vurdere fremtidig sikkerhed i AV'er, da man overser det faktum, at ny teknologi vil medføre nye risici og mulighed for nye fejl, som netop ikke er mulige i dag, hvor der altid er en chauffør til at gribe ind.

2.2 En ad-hoc-metode

2.2.1 Bud på en ad-hoc-metode

Vi går nu over til at se på, hvordan man kan lave en tilpasning af metoden i CBA, som kan tage højde for AV'er i fremtiden.

Ideelt set skal man have en tilpasset trafikmodel, som fuldt ud kan tage højde for AV'er. Det er dog vurderingen, at dette ikke er muligt at få på kort sigt. Det vil nemlig blandt andet kræve modellering af et nyt transportmiddel, som vi endnu ikke kender, og som derfor er vanskeligere at estimere, og håndtering af tomkørsel. I en ad-hoc metode på kort sigt, må man derfor som udgangspunkt basere sig på input fra eksisterende trafikmodeller, som evt. kan tilpasses på enkelte punkter.

Ad-hoc metoden skal kunne bruges på CBA'er, som udføres aktuelt eller i den nærmeste fremtid. Da tidsperioden for en CBA for vejinfrastruktur typisk er på 50 år, vurderer vi altså tilpasninger, som skal kunne se på en situation ca. 50 år frem i tiden. Baseret på denne tidshorisont kan vi antage, at de selvkørende biler, i hvert fald i de første år, alene vil være begrænset udbredt, dvs. kun for en del af bilbestanden og kun brugbar på en del af vejnettet – i første omgang forventeligt motorvejsnettet eller en del af motorvejsnettet.

Ud fra samme betragtninger kan man tillade sig at antage, at AV'er ikke vil ændre markant på transportmiddelfordelingen i forhold til i dag. Det, som man til gengæld forventer en tilpasning i, er rutevalg til fordel for motorveje og øget efterspørgsel på især motorveje.

Samlet set giver det, at en ad-hoc metode kan basere sig på nedenstående hovedelementer i Tabel 3.

Tabel 3: Hovedelementer i ad-hoc metode

Antagelser/tilpasning	<ul style="list-style-type: none"> • CBA baseres på output fra eksisterende trafikmodeller • AV'er bliver relevant for (en del af) motorvejskørslen • Lavere tidsværdi for den del af kørslen som er selvkørende • Transportmiddelvalg påvirkes ikke • Efterspørgslen efter motorvejskørsel påvirkes • Evt. påvirkning af generel efterspørgsel (trafikarbejdet i bil) • Rutevalg for biler påvirkes
Nødvendige ekstra input i forhold til en CBA i dag	<ul style="list-style-type: none"> • Opgørelse af andelen af trafik på motorveje (km og timer) • Vurdering af efterspørgselseffekt for motorveje og øvrige veje (efterspørgselselasticitet mht. tidsværdien) • Tidsværdi for selvkørende kørsel • Vurdering af udbredelsen af selvkørende biler i forhold til bilparken og i forhold til på vejnettet

Ideelt set kan man også inddrage effekten på transportmiddelvalg, hvis man har en vurdering af dette (evt. elasticitet mht. tidsværdi og transportmiddelvalg).

Samlet set vurderes det, at det er muligt at lave en rimelig ad-hoc tilpasning af CBA metoden til at tage hensyn til selvkørende bilers udbredelse indenfor de nærmeste 50 år.

Incentive (2017) opstiller beregninger for tre konkrete motorvejsprojekter baseret på en lignende ad-hoc metode.

2.2.2 Beskrivelse af metoden i Incentive (2017):

I opskrivningen af deres beregninger og metode tager Incentive udgangspunkt i det forhold, at AV'er især vil påvirke tidsværdien for bilister. Der ses på to modsatrettede effekter af den ændrede tidsværdi. Som udgangspunkt forventes det, at tidsværdien falder i AV'er. Dette vil først medføre, at gevinsten ved at bygge nye veje dermed også falder. Samtidig gøres den antagelse, at AV'er i en overgangsperiode først bliver brugbare på motorveje og senere på alle øvrige veje. Dette betyder, at gevinsten ved at bygge en motorvej i overgangsperioden bliver større, idet der kommer et større spænd mellem tidsomkostningen på motorveje og øvrige veje. Således er der to modsatrettede effekter af lavere tidsværdi som følge af AV'er. Oveni dette kommer så den ekstra effekt, at AV'er må forventes at generere en større efterspørgsel (pga. lavere rejseomkostninger), og dermed mere trafik, hvilket igen vil betyde, at gevinsten ved nye veje stiger. Den samlede effekt af disse modsatrettede effekter kan ikke umiddelbart bestemmes, men afhænger af konkrete antagelser og beregninger.

I rapporten opstiller Incentive nu en ad-hoc metode, som kan bruges til at belyse betydningen af AV'er for den samfundsøkonomiske effekt af tre konkrete motorvejsprojekter.

Først ser Incentive på, hvordan AV'er tænkes at påvirke basisfremskrivningen. Her tages der højde for gradvis udbredelse af teknologien. Der gøres desuden den væsentlige antagelse, at selvkørende teknologi vil give højere skilte hastighedsgrænser, og at ændringer i hastighedsgrænserne vil slå direkte igennem i gennemsnitshastighederne.

Dernæst vurderer Incentive effekten af AV'er på flg. elementer i den samfundsøkonomiske metode:

- Tidsværdier på vej for person-, last- og varebiler
- Tidsgevinster for person-, last- og varebiler
- Trafikspring for trafikprognoser
- Kørselsomkostninger for person-, last- og varebiler
- Eksterne omkostninger: miljø, klima og uheld
- Afgiftskonsekvenser
- Arbejdsudbudsforvridning og arbejdsudbudsgevinst
- Øvrige effekter, herunder trængsel, anlægsomkostninger, driftsomkostninger og uheld.

Tidsværdier for person-, last- og varebiler:

Incentive benytter den antagelse, at tiden brugt i en førerløs personbil kan sammenlignes med tid brugt i tog. Dermed kan man vurdere ændringen i tidsværdien ud fra forskellen mellem tidsværdien i en bil og i tog. De bruger det danske tidsværdistudie DATIV (Danmarks Transportforskning, 2007), og finder at tidsværdien i tog er 23% lavere end i bil. Dermed fastsættes tidsværdien i en selvkørende bil til 77% af tidsværdien i en konventionel bil. For vare- og lastbiler er det primært chaufføromkostningerne, som kan reduceres med selvkørende biler. Incentive beregner nye lavere tidsværdier for vare- og lastbiler på basis af antagelser om mulige chaufførbesparelser (ændrede køre- hviletidsbestemmelser) og om udbredelsen af den selvkørende teknologi. Med 100% selvkørende lastbiler og varebiler bliver deres tidsværdi hhv. 28% og 8% lavere.

Tidsgevinster og trafikspring:

Som nævnt antages, at selvkørende teknologi vil betyde højere hastighedsgrænser, og at disse højere hastighedsgrænser vil lede til højere gennemsnitshastighed. Disse højere hastigheder medtages i beregningerne af tidsgevinster. Det antages samtidig, at selvkørende biler vil øge kørslen i bil. Dette vil påvirke trafikmængden, som påvirkes af et givent infrastrukturprojekt. Samtidig vil de selvkørende biler også kunne medføre, at kapaciteten i det eksisterende netværk forøges (da bilerne kan køre tættere), hvilket kan reducere trængsel og dermed rejsetider både med og uden udvidelsen af vejen.

Der er således to modsatrettede effekter på trængslen af selvkørende biler. Incentive henviser dog til Vejdirektoratet, som finder at den samlede forsinkelsestid vil stige med 15% og den samlede trafik vil stige med 14% som følge af selvkørende biler. I beregningerne tager Incentive højde for disse effekter på basisfremskrivningen af trafik og trængsel af selvkørende biler. En væsentlig antagelse i scenarierne hos Incentive er, at selvkørende teknologi først vil blive tilgængelig på motorveje, og først senere på det øvrige vejnet. Dette betyder, at gevinsten ved at vælge motorvej bliver øget i denne overgangsperiode. Dette tager Incentive højde for, ved at tilpasse det trafikspring, som trafikmodellerne forudsiger som følge af vejprojektet, med en faktor som svarer til ændringen i gevinsten ved at vælge motorvej.

Kørselsomkostninger for person-, last- og varebiler:

Kørselsomkostningerne kan påvirkes i to retninger af selvkørende biler. Anskaffelsesprisen bliver en smule højere, men til gengæld kan kørslen blive mere brændstof-efficient og dermed billigere. Samtidig kan højere hastighed reducere brændstofeffektiviteten. Samlet lader Incentive disse to gå ud med hinanden og regner derfor ikke med en påvirkning af kørselsomkostningerne. Der er dog lavet følsomhedsberegninger, som antyder at påvirkningen herfra er minimal.

Eksterne omkostninger; miljø og klima:

Da der regnes med, at brændstofforbruget pr. km er uændret bliver der heller ikke regnet med ændringer i de eksterne omkostninger pr. km, men alene på baggrund af det ændrede trafikomfang.

Afgiftskonsekvenser:

Der er ikke nogen direkte effekt af selvkørende biler på afgiftsbetalingen, og der medregnes derfor kun konsekvenser på denne som følge af ændret kørselsomfang.

Forvridningseffekter:

Arbejdsudbudsgevinsten bliver påvirket af en ændret brugergevinst for pendlere og erhverv. Denne effekt kommer med som en følge af de ændrede tidsværdier og ændret kørselsomfang. For arbejdsudbudsgevinsten ses udelukkende på konsekvenserne som følge af ændret afgiftskonsekvens.

Øvrigt:

Øvrige elementer af den samfundsøkonomiske metode mht. konsekvens af selvkørende biler medtages ikke i beregningerne. Der gøres kvalitative vurderinger af effekten på uheld, drifts- og anlægsomkostninger, men samlet vurderes effekten at være lille og medtages derfor ikke.

Resultater:

Gennemgående finder Incentive, at den samfundsøkonomiske effekt af de tre motorvejsprojekter forbedres med antagelser om selvkørende biler. For et af projekterne, er det dog kun marginalt. Det ses tydeligt, at tidsgevinsterne driver resultatet, og at det er afgørende, hvad der antages om indfasning af de selvkørende biler. De selvkørende biler medfører ifølge antagelserne generelt mere trafik, og der er dermed flere trafikanter, som kan få glæde af vejprojekterne, ligesom mere trængsel kan reduceres. Særligt for motorvejsprojekter gælder derudover at timingen er væsentlig. På kort sigt er der en markant større gevinst ved at flytte trafik til motorveje (lavere tidsomkostning), og gevinsten ved en motorvej bliver derfor større end uden selvkørende biler. På længere sigt forsvinder denne ekstra fordel ved motorveje. Samtidig bliver tidsværdierne generelt lavere på langt sigt, hvorfor værdien af vejprojekter, som sparer rejsetid også reduceres.

Vurdering:

Det vurderes, at Incentives metode til korrektion af de samfundsøkonomiske analyser til at tage højde for selvkørende biler overordnet set giver god mening på kort sigt, og metodisk håndteres de væsentligste problemstillinger.

Det har ikke været muligt at finde andre eksempler på konkret tilpasning af den samfundsøkonomiske metode til vurdering af infrastrukturprojekter, når AV'er er til stede.

Såfremt man ønsker at udbrede en ad-hoc metode til inddragelse af AV'er i CBA'er kan man med fordel arbejde videre ud fra Incentives erfaringer. Der bør dog anlægges en kritisk tilgang til udførelsen af de enkelte elementer, såfremt metoden skal udbredes til en standard metode. Især de forhold, som påvirker brugergevinsterne, bør der arbejdes videre med forskningsmæssigt. Det drejer sig om fastsættelsen af tidsværdierne og vurderingen af efterspørgselseffekten, samt antagelsen om betydningen af AV'er for hastighederne.

Incentive anvender tidsværdien for tog i forhold til bil som udgangspunkt for at vurdere tidsværdien i en AV. Denne forskel er imidlertid ikke kun udtryk for, at rejsetiden kan anvendes bedre i tog, men er også et resultat af selv-selektion, som det diskuteres i afsnit 3.4. Vi diskuterer alternative muligheder for at estimere tidsværdien i afsnit 3.

Mht. vurderingen af efterspørgselseffekten, så har Incentive dels lavet en vurdering af den generelle forventning til trafikarbejdet pga. AV'er og lagt det ind i beregningerne. Dette giver mening. Med hensyn til rutevalgseffekten tages udgangspunkt i det aktuelt beregnede trafikspring, som så skaleres proportionalt mht. ekstragevinsten af motorveje pga. lavere tidsværdi. Her bør man arbejde på at udarbejde en decideret elasticitet for efterspørgslen for de forskellige vejtyper på basis af forskellige tidsværdier. Dette vil dog også kræve overvejelser i forhold til generel anvendelse af samme tidsværdier på tværs af transportmiddelvalg, hvilket diskuteres i afsnit 4.3.

Det bør nøjere overvejes, hvordan forventede hastighedsstigninger indlægges i såvel basis som projektscenariet. Højere skilte hastigheder, som antages af Incentive, er en politisk beslutning, som typisk ikke indlægges i CBA'er. Til gengæld er det relevant at vurdere, i hvilket omfang AV'er kan medføre hastighedsstigninger på strækninger, som i dag er belastede af trængsel og, hvor gennemsnitshastigheden er væsentligt under den skilte hastighed. Det ville være ønskværdigt, hvis man kunne inddrage hastighedsstigninger alene som følge af reduceret trængsel. Samtidig kan man forestille sig, at AV'er vil kunne reducere rejsetidsvariabiliteten på strækninger belastede af trængsel, hvilket også forventes at give en brugergevinst. Inddragelse af variabilitet og ikke blot gennemsnitlig forsinkelse i trafikmodeller og CBA'er kræver dog yderligere udviklingsarbejde.

3. Værdisætning af rejsetid i selvkørende biler

Vi går nu over til at se på de danske og internationale erfaringer angående værdisætning af rejsetid (VTT for *value of travel time*) for brugere af selvkørende biler (AV'er).¹ Der er ganske få studier, der måler VTT for selvkørende biler. Vi gennemgår derfor en bredere gruppe af artikler, working papers og rapporter, der udover konkrete værdisætninger præsenterer andre typer af evidens omkring værdisætning af rejsetid i AV'er. Ideen er at give et billede af den samlede viden om emnet: Det er relevant både for at kunne vurdere de estimater af VTT, der eksisterer, samt i forbindelse med eventuelt fremtidige værdisætningsstudier. Artiklerne kan inddeles i følgende hovedgrupper:

1. Teoretiske resultater
2. Empiriske resultater om VTT i AV'er
3. Empiriske resultater om willingness-to-pay (WTP) for AV'er eller servicefunktioner i AV'er
4. Empiriske resultater om VTT i andre transportmidler, der kan overføres til AV'er
5. Empiriske resultater, der indeholder kvalitativ viden om VTT i AV'er.

Tabel 4 nedenfor viser, hvordan de forskellige grupper af litteratur relaterer sig til hinanden. Vi gennemgår litteraturen i afsnit 3.1-3.5 nedenfor; hver hovedgruppe har sit eget afsnit.

Tabel 4: Kategorisering af litteratur

Studietype	Emne	Analysert transportmiddel=AV	Analysert transportmiddel=øvrige
Teoretisk	Værdisætning af rejsetid	af Gruppe 1	
Empirisk, kvantitativt	Værdisætning af rejsetid	af Gruppe 2	Gruppe 4
	WTP for AV / services	af Gruppe 3	
Empirisk, kvalitativt	Værdisætning af rejsetid	af Gruppe 5	

3.1 Teoretiske resultater

Fosgerau (2018) opstiller en simpel mikroøkonomisk model, der viser, hvordan en rejsendes VTT på en privat rejse afhænger af, om rejsetiden til en vis grad kan bruges til arbejde eller fritidsaktiviteter (hvor fritidsaktiviteter skal fortolkes bredt og omfatter både søvn, underholdning, samtaler og læsning). Han demonstrerer, at VTT afhænger af, hvor produktiv rejsetiden er i forhold til den øvrige tid. Som forventet er VTT mindre, hvis den rejsende har mulighed for at anvende rejsetiden til andet end kørsel. Den rejsende vil vælge at bruge tiden på fritidsaktiviteter frem for arbejde, hvis det giver ham større nytte.

Fosgerau (2018) og Wardman & Lyons (2015) diskuterer, hvordan VTT for forretningsrejser afhænger af muligheden for at anvende rejsetiden produktivt. Med den simple cost savings approach, der antager, at al rejsetid er uproduktiv, og at alle rejsetidsbesparelser konverteres til

¹ VTT er et mål for, hvor meget de rejsende er villige til at betale for at spare et minuts rejsetid.

produktiv tid, påvirkes VTT ikke. Både Fosgerau og Wardman & Lyons udtrykker bekymring for, at disse antagelser i stigende grad er forkerte, både i dag (som følge af udviklingen inden for informations- og kommunikationsteknologi de sidste 15-20 år) og i en fremtid med selvkørende biler. Den såkaldte Hensher's metode, der dog ikke anvendes så ofte i praksis, tager derimod højde for, at rejsetiden helt eller delvist kan bruges til at arbejde, og her gælder, at VTT vil blive mindre, hvis rejsetiden helt eller delvist anvendes til at arbejde. Hvor meget mindre afhænger af, hvor produktivt arbejdet i transportmidlet er i forhold til arbejde på arbejdspladsen.

3.2 Empiriske resultater om VTT i AV' er

Vi fandt tre offentliggjorte studier, der måler VTT i private AV'er (De Looft et al., 2018, Steck et al., 2018, Kolarova et al., 2017). Vi har desuden kendskab til et studie under review, som endnu ikke er offentliggjort, ikke engang som et working paper (Kolarova et al., 2018). Alle studierne er baseret på stated preference (SP) analyser af præferencer, dvs. spørgeskemaer med hypotetiske eksperimenter med valg eller rangordning af alternativer. Steck et al. (2018), Kolarova et al. (2017) og Kolarova et al. (2018) anvender same datasæt, men forskellige subsamples og statistiske metoder. Vi bemærker, at kun et af studierne er offentliggjort i et videnskabeligt tidsskrift med peer-review (Steck et al., 2018), mens de øvrige to offentliggjorte studier er working papers eller conferenceartikler. Man skal som læser derfor være ekstra påpasselig med at tage resultaterne for gode varer. Vores gennemgang af artiklerne og deres metode i afsnit 3.2.1-3.2.4 er derfor noget mere grundig og kritisk end normalt i et litteraturstudie. Tabel 5 indeholder en oversigt over studierne, og Tabel 6 opsummerer resultaterne i form af relative VTT-værdier: Vi rapporterer den relative VTT for AV i forhold til VTT for en konventionel bil eller offentlig transport (PT). Mere detaljerede VTT-værdier fremgår af afsnit 3.2.1-3.2.4. Vi må desværre konkludere, at det nuværende empiriske grundlag (præsenteret i Tabel 6) er for dårligt til at give megen information. De to studier, der giver relative VTT-værdier i forhold til konventionelle biler, virker ikke pålidelige. De relative værdier i forhold til offentlig transport er svære at fortolke, da det ikke fremgår eksplicit i studierne, hvilke offentlige transportmidler, der er tale om.

Angående tidsværdien i delte AV'er med on-demand services (såkaldte SAV'er, shared autonomous vehicles), fandt vi fire studier, der enten måler dette eksplicit eller måler præferenceparametre, der kan bruges til at beregne VTT. Tre er publiceret i videnskabelige tidsskrifter (Kruger et al., 2016, Yap et al., 2016, Steck et al., 2018), mens den sidste er en conferenceartikel (Winter et al., 2017). Vi udelader studiet af Winter et al. (2017), fordi resultaterne forekommer upålidelige.² Tabel 7 opsummerer resultaterne i form af relative VTT-værdier. Vi gennemgår studierne af Kruger et al. (2016) og Yap et al. (2016) i flere detaljer i afsnit 3.2.5-3.2.6.

² Størstedelen af de estimerede VTT værdier for de forskellige rejsetidskomponenter (køretid, ventetid, gangtid) er negative, hvilket er i modstrid med økonomisk teori. Dette kan skyldes, at der er for lidt variation i tids- og omkostningsattributterne i stated choice eksperimentet, således at forskellen mellem alternativerne stort set udelukkende udgøres af forskelle i transportmiddelkarakteristika, der ikke afhænger af rejsetid og omkostninger.

Tabel 5: Oversigt over empiriske studier af VTT for AV

Studie	Artikeltyp	AV specifikation	Noter
De Loof et al. (2018)	Konferenceartikel fra The 97th Annual Meeting of the Transportation Research Board.	SAE niveau 5. Privatejet AV. Antager AV-kørsel tilstrækkeligt jævnt til at undgå køresyge.	VTT for pendlerrejser. 252 respondenter, samlet fra nationalt hollandsk online panel. Enkelte metodiske svagheder, som kan forårsage bias eller forringet statistisk identifikation.
Steck et al. (2018)	Publiceret i Transportation Research Record	SAE niveau 4 og 5. Privatejede AV'er og delte AV'er (SAV'er).	VTT for pendlerrejser. 172 respondenter. Del af større studie med 485 respondenter repræsentative for Tyskland mht. køn og alder (18+), tilfældigt fordelt på SP eksperimenter med forskellige turformål: pendling, shopping, fritidsrejse.
Kolarova et al. (2018)	Under review til Transportation Research Part A	SAE niveau 4 og 5. Privatejede AV'er og delte AV'er (SAV'er).	Samme data som Steck et al. (2018) og Kolarova et al. (2018). Resultater endnu ikke offentliggjorte.
Kolarova et al. (2017)	Konferenceartikel fra the European Transport Conference 2017.	SAE niveau 4 og 5. Privatejede AV'er og delte AV'er (SAV'er).	VTT for pendlerrejser, shoppingrejser og fritidsrejser. 485 respondenter. Samme data som Steck et al. (2018), men bruger data for alle turformål samt et yderligere SP eksperiment med nutidige transportmidler. Forfatterne betragter selv studiet som en indledende analyse og anbefaler at anvende resultaterne fra ovennævnte Kolarova et al. (2018) i stedet.
Krueger et al. (2016)	Publiceret i Transportation Research Part C	SAE niveau 5. Delte AV'er (SAV'er).	VTT for forskellige turformål og transportmidler. 435 respondenter fra australske storbyer.
Yap et al. (2016)	Publiceret i Transportation Research Part A	SAE niveau 5. Delte AV'er (SAV'er).	VTT for forskellige turformål (forretningsrejser, pendling, uddannelse, fritid) for ture fra hjem til destinationen med tog eller bil som hovedtransportmiddel og bus/metro/sporvogn, cykel eller SAV som frabringetransportmiddel. 761 respondenter. Stikprøve nogenlunde repræsentativ for den voksne hollandske befolkning mht. socioøkonomiske karakteristika.
Winter et al. (2017)	Konferenceartikel fra The 96th Annual Meeting of the Transportation Research Board	SAE niveau 5. Delte AV'er (SAV'er).	Studie udeladt fordi resultaterne forekommer upålidelige: VTT er negative for de fleste rejsetidskomponenter måske pga. identifikationsproblemer.

Tabel 6: Empiriske værdisætninger af AV rejsetid: VTT for private AV'er

Studie	Rejseformål	Subsample	Model	VTT Ratio (AV/konv.bil)	VTT Ratio (AV/øvrig)
De Loof et al. (2018)	Pendling	Alle	Mixed Logit (normalfordelte VTT-værdier)	$\frac{VTT\ AV\ office}{VTT\ konv.bil} = 0,75$	
				$\frac{VTT\ AV\ leisure}{VTT\ konv.bil} = 1,29$	
			Logit	$\frac{VTT\ AV\ office}{VTT\ konv. bil} = 0,63$	
				$\frac{VTT\ AV\ leisure}{VTT\ konv.bil} = 1,32$	
Steck et al. (2018)	Pendling	Subsample der foretrækker selvkørende kørsel i AV	Mixed logit, lineær formulering (normalfordelte VTT-værdier)		$\frac{VTT\ AV}{VTT\ PT} = 0,95$
					$\frac{VTT\ AV}{VTT\ gang} = 0,19$
			Mixed logit, ikke-lineær formulering (normalfordelte VTT-værdier)		$\frac{VTT\ AV}{VTT\ PT} = 0,95$
					$\frac{VTT\ AV}{VTT\ gang} = 0,42$
		Subsample der foretrækker manuel kørsel i AV	Mixed logit, lineær formulering (normalfordelte VTT-værdier)		$\frac{VTT\ AV}{VTT\ PT} = 1,38$
					$\frac{VTT\ AV}{VTT\ gang} = 0,27$
			Mixed logit, ikke-lineær formulering (normalfordelte VTT-værdier)		$\frac{VTT\ AV}{VTT\ PT} = 1,37$
					$\frac{VTT\ AV}{VTT\ gang} = 0,61$
		Vægtet gennemsnit af subsamples	Mixed logit, lineær formulering (normalfordelte VTT-værdier)		$\frac{VTT\ AV}{VTT\ PT} = 1,24$
					$\frac{VTT\ AV}{VTT\ gang} = 0,24$
			Mixed logit, ikke-lineær formulering (normalfordelte VTT-værdier)		$\frac{VTT\ AV}{VTT\ PT} = 1,24$
					$\frac{VTT\ AV}{VTT\ gang} = 0,55$
Kolarova et al. (2017)	Pendling, shopping, fritid	Lav indkomst	Logit with linear time and cost terms	$\frac{VTT\ AV}{VTT\ konv. bil} = 0,46$	
		Mellem indkomst	Logit, lineær formulering	$\frac{VTT\ AV}{VTT\ konv. bil} = 0,44$	$\frac{VTT\ AV}{VTT\ PT} = 1,28$
		Høj indkomst	Logit, lineær formulering	$\frac{VTT\ AV}{VTT\ konv. bil} = 0,58$	$\frac{VTT\ AV}{VTT\ gang} = 0,14$
		Vægtet gns. af indkomstgrupper	Logit, lineær formulering	$\frac{VTT\ AV}{VTT\ konv. bil} = 0,49$	

AV office: AV indrettet som kontor. AV leisure: AV med fritids/underholdningsinteriør. PT: kollektiv transport.

Tabel 7: Empiriske værdisætninger af AV rejsetid: VTT for delte AV'er (SAV'er)

Studie	Rejseformål	Subsample	Model	VTT Ratio (SAV/konv.bil)	VTT Ratio (SAV/øvrig)
Steck et al. (2018)	Pendling	Alle	Mixed logit, lineær formulering (normalfordelte VTT-værdier)		$\frac{VTT\ SAV}{VTT\ PT} = 1,24$
					$\frac{VTT\ SAV}{VTT\ gang} = 0,24$
			Mixed logit, ikke-lineær formulering (normalfordelte VTT-værdier)		$\frac{VTT\ SAV}{VTT\ PT} = 1,23$
					$\frac{VTT\ SAV}{VTT\ gang} = 0,55$
Krueger et al (2016)	Alle	Bilførere	Mixed logit, lineær formulering mht. tid, logaritmisk formulering af omkostninger	$\frac{VTT\ SAV\ alone}{VTT\ konv.\ bil} = 0,46$ $\frac{VTT\ SAV\ ride-sharing}{VTT\ konv.\ bil} = 0,63$	
		Offentlig transport passagerer	Mixed logit, lineær formulering mht. tid, logaritmisk formulering af omkostninger		$\frac{VTT\ SAV\ alone}{VTT\ PT} = 0,76$ $\frac{VTT\ SAV\ ride-sharing}{VTT\ PT} = 1,03$
		Øvrige (bilpassengerer, fodgængere, cyklister)	Mixed logit, lineær formulering mht. tid, logaritmisk formulering af omkostninger		$\frac{VTT\ SAV\ alone}{VTT\ nuværende} = 0,67$ $\frac{VTT\ SAV\ ride-sharing}{VTT\ nuværende} = 0,91$
		Alle	Mixed logit, lineær formulering mht. tid, logaritmisk formulering af omkostninger		$\frac{VTT\ SAV\ alone}{VTT\ SAV\ ride-sharing} = 0,74$
Yap et al. (2016)	Alle, udgående	Respondenter der foretrækker 1.klasses tog som hoved-transportmiddel i SP (med rabat på SAV)	Mixed logit, lineær formulering	$\frac{VTT\ SAV\ manual}{VTT\ konv.\ bil} = 0,65$ $\frac{VTT\ SAV\ automatic}{VTT\ konv.\ bil} = 1,87$	$\frac{VTT\ SAV\ manual}{VTT\ gang} = 0,74$
		Respondenter der foretrækker 2.klasses tog som hoved-transportmiddel i SP (uden rabat på SAV)	Mixed logit, lineær formulering	$\frac{VTT\ SAV\ manual}{VTT\ konv.\ bil} = 0,52$ $\frac{VTT\ SAV\ automatic}{VTT\ konv.\ bil} = 1,32$	$\frac{VTT\ SAV\ automatic}{VTT\ gang} = 1,15$

PT: Kollektiv transport. SAV alone: Selvkørende taxa, der betjener kunderne sekventielt. SAV ride-sharing: Selvkørende taxa, hvor kunder deles om køretøjet på dele af turen. SAV manual: Brugeren kører bilen manuelt, men bilen kører selv fra den afleverer en passager til den samler den næste op. SAV automatic: Fuldt selvkørende på hele rejsen. Note: VTT i SAV manual og VTT i SAV automatic er ikke signifikant forskellige på 5% niveau.

Vi går nu over til en mere detaljeret gennemgang af de enkelte studier.

3.2.1 De Loeff et al (2018)

De Loeff et al (2018) er en konferenceartikel præsenteret på The 97th Annual Meeting of the Transportation Research Board.

Metode

De Loeff et al. (2018) undersøger, hvordan rejsende med privatejede AV'er (SAE niveau 5) oplever en pendlerrejse sammenlignet med konventionelle biler. De bruger et SP eksperiment med 12 hypotetiske valg, hver med tre alternativer: en konventionel bil, en AV med kontorindretning (AV-office), samt en AV med fritidsinteriør (AV-leisure). Kørselsoplevelsen i en AV beskrives i spørgeskemaet som følger:

"In a fully-automated vehicle, also known as a self-driving car, it is at all times not necessary to pay attention to the road; the AV drives itself to your destination. Because you do not have to pay attention to the road, it is possible to perform other activities while driving in an AV. An AV would be comparable with your own car if you had a chauffeur to travel everywhere. There is no waiting time between the moment you 'call' the car and you want to make a ride. Besides, it is assumed that while you ride in an AV, there are no unexpected trepidations to cause car sickness. In an AV with office interior you must imagine that you have the ability to do your work in a comfortable way. You can work on your laptop because you have power and Wi-Fi. In an AV with leisure interior you must imagine that the interior allows you to have leisure in a comfortable way. For example, you can take a nap, read a book, make a call, have quality time with family and friends, and watch a movie etcetera." [De Loeff et al. 2018, pp. 6-7]

252 personer deltog i undersøgelsen. Forfatterne anvender forskellige diskrete valgmodeller (logit og mixed logit) til at estimere præferenceparametre for rejsetid og penge and beregner VTT-værdier som forholdet mellem præferenceparametrene (marginalnytterne) for rejsetid og penge. De viste resultater er baseret på 178 respondenter, idet forfatterne vælger at ekskludere 74 såkaldte "non-traders". Disse er defineret som respondenter, der konsekvent vælger det samme alternativ i samtlige 12 valgsituationer. 53 af disse "non-traders" vælger konsekvent den konventionelle bil.

Resultater

De beregnede VTT-værdier er vist i Tabel 8. VTT for AV-office er mindre end VTT for den konventionelle bil, som man ville forvente. Mod forfatterernes forventning er VTT for AV-leisure lidt højere end VTT for den konventionelle bil. Forfatterne nævner ikke, om disse forskelle er statistisk signifikante.

Tabel 8: VTT i €/time, resultater fra De Looff et al. (2018)

	Mixed Logit (normalfordelte VTT-værdier)	Logit
VTT konv. bil	8,37	7,91
VTT AV-office	6,26	4,97
VTT AV-leisure	10,82	10,47

Kilde: De Looff et al., 2018, Table 5, p. 11.

Note: AV-office: AV indrettet som kontor. AV-leisure: AV med fritids/underholdningsinteriør.

Diskussion af potentielle svagheder

- Behandlingen af "non-traders" kan medføre bias (dvs. systematisk forkerte resultater). Andelen af "non-traders" er usædvanligt høj (29,4%), hvilket kan hænge sammen med at der er meget lidt variation i tids- og omkostningsattributterne i SP eksperimentet: Omkostningsattributterne kan antage værdierne €4,5, €6, and €7,5 og tidsattributterne værdierne 15 min, 30 min and 45 min. Dette gør det sværere at skelne mellem, om folk konsekvent vælger det samme alternativ fordi det maksimerer deres nytte (i så fald vil eksklusion medføre bias i VTT-værdierne), eller fordi de altid ville vælge det samme alternativ uanset attributterne (i så fald er eksklusion korrekt, da vi mistænker, at svarene ikke er oprigtige). Resultater fra andre studier tyder på, at der findes en stor gruppe af personer, der altid vil foretrække den konventionelle bil og påstår at have en WTP på nul for den forbedrede komfort og tidsudnyttelse en AV tilbyder. Disse respondenter vil med stor sandsynlighed, pga. den meget begrænsede variation i attributværdierne, blive stemplet som "non-traders" i studiet af De Looff et al. (2018), selv hvis deres valg er nyttemaksimerende og afspejler deres sande præferencer. Hvis dette er tilfældet, vil eksklusion af denne gruppe respondenter potentielt resultere i misvisende VTT-værdier.
- Selv hvis de såkaldte "non-traders" ikke ekskluderes, giver den meget begrænsede variation i attributværdierne potentielt problemer, da det gør det svært at identificere halen af VTT-fordelingerne (jf. Börjesson, Fosgerau & Algers, 2012). Det medfører, at den estimerede form af VTT-fordelingerne hviler udelukkende på antagelser, hvilket har konsekvenser for middelværdien af fordelingen, som er det mål, man ofte rapporterer som resultat.
- Det er potentielt problematisk, at forfatterne inkluderer indikatorvariable for hvorvidt respondenter er villig til at arbejde i en AV og hvorvidt respondenter er villig til at købe en AV som forklarende variable. Højst sandsynligt er disse variable endogene, hvilket kan medføre bias i de estimerede parametre og VTT-værdier.
- Så vidt vi kan se, antages det i mixed logit modellerne, at præferenceparametrene (marginalnytterne) for rejsetid i hhv. konventionelle biler, AV-office og AV-leisure er uafhængige. Dette nævnes ikke eksplicit, men er højst sandsynligt, da der ikke rapporteres om eventuelle korrelationer. Denne antagelse er ikke sjælden i transportlitteraturen, og er naturligvis en approksimation, men ikke desto mindre er den med stor sandsynlighed ukorrekt, hvilket i det mindste i teorien kan medføre, at modellen ikke skelner korrekt mellem de forskellige tidsværdier. Vi anbefaler derfor, som et ekstra tjek, at sammenholde resultaterne fra mixed logit modellen med resultat fra den logit model, forfatterne kalder "Extended MNL model", som er en identisk model bortset fra at den ikke tillader uobserveret heterogenitet i VTT (det betyder at to personer med identiske observerede karakteristika har samme VTT). De to modeller giver samme rangordning af VTT-værdierne, men logit modellen giver lidt større forskelle mellem de tre værdier.

3.2.2 Steck et al. (2018)

Steck et al. (2018) er publiceret i Transportation Research Record.

Metode

Steck et al. (2018) bruger en online SP undersøgelse med otte hypotetiske valg pr. respondent for at undersøge transportmiddelvalg på pendlerrejser. Alternativerne er gang, cykel, offentlig transport (PT), privatejet AV og delt AV (SAV). Både AV og SAV er på SAE niveau 4 eller 5 (se beskrivelsen nedenfor). I den privatejede AV har brugeren mulighed for at køre manuelt, hvis han foretrækker. SAV'erne er køretøjer, der bruges on-demand. Kørselsoplevelsen i en AV beskrives for respondenterne i undersøgelsen vha. animerede videoer, som forfatterne beskriver således:

"The two concepts of autonomous driving privately owned and shared AVs were presented to the study participants in two short animated videos before the choice experiment. In the first video the main character, Ms. Schmidt, calls her vehicle using an app on her phone, rides to her preprogrammed destination, gets out of the car on arrival, and the vehicle continues to drive autonomously and parks itself. During the trip she can decide whether she prefers to drive manually or ride autonomously. In the second video, the concept of an SAV is introduced. It is shown that one can order the vehicle, ride autonomously to one's destination, get out of the car and the vehicle then drives on to collect its next passenger(s). The main difference between the two introduced concepts was that, in the privately owned vehicle, there was an option to switch off the autopilot. In the SAV there was no steering wheel or brakes, it could not be driven manually. The two concepts were presented as neutrally as possible (without using evaluative adjectives) so as to influence the preferences toward autonomous driving as little as possible." [Steck et al. 2018, p. 4]

Dataindsamlingen er en del af et større studie med 485 respondenter, repræsentativ for den tyske befolkning ældre end 18 år mht. alder og køn. Respondenterne er tilfældigt fordelt i tre grupper for at analysere tre forskellige turformål: pendling, shopping og fritid. Denne artikel analyserer de 172 respondenter, der deltog i eksperimentet for pendling. I pendlerstikprøven er brugere af offentlig transport overrepræsenterede og bilister underrepræsenterede i forhold til den faktiske sammensætning i den tyske rejsevaneundersøgelse fra 2008.

Steck et al. bruger mixed logit modeller til at estimere præferenceparametre for attributterne i SP eksperimentet og beregner VTT som forhold mellem marginalnytterne for rejsetid og penge. VTT beregnes separat for skellige transportmidler og indkomstklasser, og beregnes for en rejsetid, der svarer til stikprøvens gennemsnit, og en fast omkostning. Bemærk, at skønt VTT varierer med indkomst, antages det at forholdet mellem to VTT-værdier er uafhængigt af indkomst, og de rapporterede ratio-værdier i Tabel 6 og Tabel 7 er derfor uafhængige af indkomst.

Steck et al. analyserer to undergrupper af respondenter: Personer, som foretrækker at anvende deres private AV til selvkørende kørsel (55 respondenter, 32%), og personer, som foretrækker at køre deres private AV manuelt (117 respondenter, 68%).³ Det antages, at de to grupper har forskellig VTT for AV.

³ Størrelse af de to grupper angives ikke i artiklen, men er oplyst pr. email af forfatteren Felix Steck.

Resultater

De estimerede VTT-værdier er gengivet i Tabel 9 nedenfor. VTT i AV for personer, som foretrækker selvkørende kørsel, er sammenlignelig med VTT i offentlig transport og er 31% lavere end VTT i AV for folk, der foretrækker manuel kørsel. Forfatterne fortolker dette resultat som om, at tidsværdien i selvkørende biler generelt er 31% lavere end i manuelt kørte biler (altså for en given person). De forklarer denne effekt med forskelle i komfort. Vi har den indvending, at noget af forskellen potentielt er en selektionseffekt: I eksperimentet skal alle respondenterne forestille sig, at de kører i en privat AV (altså samme transportmiddel). Forskellen er mellem personer, som angiver at foretrække selvkørende kørsel, og dem, der angiver at foretrække manuel kørsel, i denne AV. Det er ikke det samme som "komfortforskellen" mellem at rejse selvkørende eller køre manuelt for en given person, idet valget mellem selvkørende og manuel kørsel i høj grad må antages at afhænge af VTT. Af den grund vil vi ikke anvende ratioen mellem de to gruppers VTT som mål for ratioen mellem VTT i AV i forhold til VTT i en konventionel bil. I Tabel 6 og Tabel 7 rapporterer vi derfor de relative VTT-værdier i forhold til offentlig transport (PT) og gang. Vi viser resultaterne separat for de to grupper, og som vægtet gennemsnit af de to.

Tabel 9: VTT i €/time, resultater fra Steck et al. (2018)

Indkomstgruppe	Mixed Logit, lineær			Mixed Logit, ikke-lineær		
	Lav	Mellem	Høj	Lav	Mellem	Høj
VTT AV (selvkørende)	4,13	4,97	8,66	3,74	4,59	7,20
VTT AV (manuel kørsel)	6,00	7,22	12,60	5,39	6,60	10,36
VTT SAV	5,37	6,46	11,27	4,85	5,94	9,32
VTT PT	4,34	5,23	9,12	3,93	4,81	7,56
VTT gang	22,26	26,80	46,74	8,88	10,88	17,08
VTT cykel	16,53	19,89	34,70	13,41	16,44	25,88

Kilde: Steck et al., 2018, Table 4, p. 8.

Diskussion af potentielle svagheder

- Studiet producerer ikke den relative VTT i AV i forhold til AV i en konventionel bil, hvilket vi ønsker som sammenligningsgrundlag mellem de forskellige studier (det er sværere at sammenligne med offentlig transport, da kvaliteten af den offentlige transport kan variere meget mellem forskellige studier).
- Steck et al. bruger en model med 12 stokastiske præferenceparametre (hver har en fordeling med en middelværdi og en standardafvigelse) for forskellige transportmidler og typer af rejsetid. Alle disse såkaldte random effects antages at være uafhængige (dvs. VTT for forskellige transportmidler og forskellige rejsetidskomponenter antages at være uafhængige). Skønt dette er en almindelig antagelse i mixed logit modeller i transportlitteraturen, er det højst sandsynligt en forkert antagelse, hvilket potentielt kan medføre, at modellen ikke skelner korrekt mellem de forskellige tidsværdier.⁴ Førsteforfatter Felix Steck angiver, at disse fordelingsmæssige antagelser kun påvirker det absolutte niveau af VTT-værdierne, mens deres indbyrdes relative forhold er stabilt

⁴ Vi forventer, at identifikation af så mange stokastiske parametre og deres korrelationsmønstre måske er svært med et datasæt på denne størrelse (171 respondenter, 8 valg hver), og et forsigtigt gæt er, at identifikation kun er mulig pga. antagelsen om uafhængighed.

på tværs af forskellige modelspecifikationer (inklusiv logit modeller uden random effects).⁵ Dette fungerer som et robusthedstjek, som forøger validiteten af resultaterne.

- Det er potentielt problematisk, at forfatterne inkluderer en variabel for hvorvidt respondenter foretrækker manuel eller automatisk kørsel. Højest sandsynligt er denne variabel endogen, hvilket kan medføre bias i de estimerede parametre og VTT-værdier.

3.2.3 Kolarova et al. (2018)

Kolarova et al. (2018) er i øjeblikket under review til Transportation Research Part A. Artiklen er en nyere udgave af Kolarova et al. (2017) nedenfor, med en videreudvikling af analysen. Forfatterne vil endnu ikke offentliggøre deres resultater, da analysearbejdet ikke er færdiggjort.

3.2.4 Kolarova et al. (2017)

Kolarova et al. (2017) er en conferenceartikel fra the European Transport Conference i 2016. Det er derfor et working paper og må ifølge forfatterne selv betragtes som et første udkast til Kolarova et al. (2018).

Metode

Studiet bruger data fra samme spørgeskemaundersøgelse som Steck et al. (2018) ovenfor, men bruger data fra alle tre rejseformål (ikke blot pendling). De bruger desuden data fra yderligere et SP eksperiment fra samme undersøgelse. Dette eksperiment indeholder også otte hypotetiske transportmiddelvalg, men her mellem konventionelle biler, offentlig transport (PT), gang og cykel. Tilsammen giver de to SP eksperimenter en VTT for konventionelle biler og en VTT for AV'er for den samme stikprøve, således at vi kan beregne forholdet mellem dem, og betragte forholdet som en ren transportmiddeleffekt. Kolarova et al. (2017) bruger en simplere statistisk model end Steck et al. (2018), en logit model uden stokastiske parametre og med lineær formulering af rejsetid og omkostninger.

Resultater

Kolarova et al. (2017) beregner VTT separat for forskellige transportmidler og forskellige indkomstklasser, og vi gengiver deres tabel med disse resultater i Tabel 10 nedenfor.

Tabel 10: VTT i €/time, resultater fra Kolarova et al. (2017)

Indkomstgruppe	Model 1 (eksperiment m. konv. bil)			Model 2 (AV-eksperiment)		
	Lav	Mellem	Høj	Lav	Mellem	Høj
VTT konv. bil	2,84	4,49	4,72			
VTT AV				1,29	1,99	2,73
VTT SAV				1,96	3,02	4,14
VTT PT	1,72	2,72	2,86	1,01	1,55	2,12
VTT gang	12,04	19,05	20,05	9,43	14,53	19,88
VTT cykel	8,85	14,01	14,74	7,39	11,38	15,57
VTT ventetid	5,89	9,32	9,80	5,51	8,49	11,61
VTT til-/frabringertid	7,22	11,42	12,02	3,48	5,37	7,34

Kilde: Kolarova et al., 2017, Table 4, p. 13.

⁵ Kilde: Email-korrespondance med forfatter Felix Steck.

Diskussion af potentielle svagheder

- Bemærk at en del af tidsværdierne varierer en del mellem de to eksperimenter (model 1 og model 2). Det er uventet, idet transportmidlerne gang, cykel og offentlig transport burde være ens i begge eksperimenter.⁶ Det tyder på, at der er nogle forskelle mellem eksperimenterne, som ikke umiddelbart kan forklares. Forfatterne tager selv forbehold for resultaterne: De anerkender, at analysen er en indledende undersøgelse, og at yderligere arbejde er nødvendigt for at opnå pålidelige resultater. Via email-korrespondance anbefaler førsteforfatter Viktoriya Kolarova at bruge resultaterne fra den førnævnte artikel Kolarova et al. (2018) i stedet.

3.2.5 Krueger et al. (2016)

Krueger et al. (2016) er publiceret i Transportation Research Part C.

Metode

Krueger et al. bruger en online SP undersøgelse med fem hypotetiske valg pr. respondent til at analysere transportmiddelvalg mellem respondentens nuværende transportmiddel og to typer af dele-AV'er (SAV'er): med og uden ride-sharing. Begge typer SAV er on-demand services. Transportmidlet SAV uden ride-sharing svarer til en selvkørende taxa, der betjener kunderne sekventielt. Transportmidlet SAV med ride-sharing involverer dynamisk ride-sharing (DRS), hvor køretøjet potentielt deles med andre på dele af turen.

SAV-konceptet blev præsenteret for respondenterne vha. en Prezi-præsentation integreret i spørgeskemaet (for at begrænse mængden af tekstbaseret information). Forfatterne beskriver indholdet af præsentationen således:

"It was highlighted that SAVs would be self-driving vehicles, which would not require any driver input. Therefore, it would not be necessary to hold a driving license to use an SAV. In addition, vehicle occupants would not need to pay attention to traffic and could thus dedicate their in-vehicle-time to relaxing or productive activities. It was emphasized, that SAVs would be part of a fleet of shared vehicles, which would be easily available upon request. It was also highlighted that SAVs could be imagined as driverless taxi services. Furthermore, subjects were presented how the concrete use of an SAV for a trip could look like. Subjects were told that they could use their smartphone to request a vehicle and that the vehicle would arrive after a specified waiting time. Upon arrival at their destination, there would be no need to park the vehicle or to incur parking fees, as the vehicle would continue on to pick up the next passenger. Subjects were also informed about DRS and it was stressed that DRS would involve riding inside the same vehicle for some portion of the trip." [Krueger et al, 2016, p.346]

Deltagerne i undersøgelsen er bosiddende i australske storbyer, og er rekrutteret fra et australsk online panel, ud fra kvoter for alder og indkomst. Stikprøven omfatter 435 personer. Konteksten for SP eksperimentet var en nyligt foretaget rejse, som benævnes referenceturen.

Krueger et al. bruger k-means clustering analysis til at inddele respondenterne i fem grupper afhængigt af deres nuværende "mobilitetstype", altså hvor ofte de anvender bil, offentligt transport

⁶ Ventetid og til- og frabringetid har lidt forskellige betydninger, og er ikke nødvendigvis ens.

(PT), gang og cykel. VTT-værdier og andre præferenceparametre estimeres vha. logit og mixed logit modeller med lineære eller logaritmiske formuleringer af omkostningerne. I mixed logit modellerne antages VTT at følge en lognormalfordeling eller triangulær fordeling. Forfatterens foretrukne model er en mixed logit model med logaritmisk formulering af omkostninger og med en triangulær fordeling af VTT. Modellen antager, at VTT afhænger lineært af rejseomkostningen. Modellen har separate omkostnings-koefficienter og separate VTT-værdier for ventetid for de tre transportmidler, hvilket er noget usædvanligt. Der er ikke umiddelbart noget teoretisk argument for, at marginalnyttens af penge skulle være forskellig for forskellige transportmidler, mens det giver bedre mening at antage, at ventetiden opfattes forskelligt. I analysen anvendes en vægtet stikprøve, med populationsvægte defineret ud fra alder, køn, indkomst og arbejdsmarkedsstatus.

Resultater

- Krueger et al. finder en tydelig sammenhæng mellem mobilitetstype og tilbøjeligheden til at skifte til SAV. Respondenter, der ofte bruger offentlig transport har signifikant højere sandsynlighed for at vælge SAV end andre respondenter. Forfatterne fortolker dette som tegn på, at tilgængeligheden af SAV'er kan fremme multimodale rejser, men ikke nødvendigvis for gruppen af respondenter, der i dag overvejende anvender bil.
- Respondenter vant til car-sharing er mere tilbøjelige til at vælge SAV med ride-sharing.
- Respondenter som bruger bil som fører på referenceturen er mere tilbøjelige til at vælge SAV uden ride-sharing i forhold til de, der bruger gang eller cykel. Respondenter, der rejser som bilpassager på referenceturen er mere tilbøjelige til at vælge SAV med ride-sharing.
- VTT for køretid og ventetid kan beregnes baseret på de estimerede parametre. De absolutte VTT-værdier afhænger af rejsens pris og vises derfor ikke her. I stedet har vi beregnet relative VTT-værdier, som er uafhængige af prisen (se Tabel 11).
- VTT for køretid er lavere for SAV uden ride-sharing end for SAV med ride-sharing. Forfatterne viser, at denne forskel er signifikant (Krueger et al. 2016, Figur 2, s. 352).
- For nuværende bilførere kan vi beregne den relative VTT for SAV'er i forhold til konventionelle biler. For nuværende passagerer med offentlig transport kan vi beregne den relative VTT mellem SAV og offentlig transport. Disse værdier er inkluderet i Tabel 7.

Tabel 11: Relativ VTT, egne beregninger baseret på resultater fra Krueger et al. (2016)

Delsample	VTT Ratio	Relativ VTT (køretid)	Relativ VTT (ventetid)
Bilførere	VTT SAV alone / VTT car	0,46	0,83
	VTT SAV ride-sharing / VTT car	0,63	1,67
PT	VTT SAV alone / VTT PT	0,76	1,67
	VTT SAV ride-sharing / VTT PT	1,03	3,33
Øvrige (bilpassager, cykel, gang)	VTT SAV alone / VTT current mode	0,67	0,56
	VTT SAV ride-sharing / VTT current mode	0,91	1,11
Alle	VTT SAV alone / VTT SAV ride-sharing	0,74	0,50

Kilde: Egne beregninger baseret på Krueger et al., 2016, Table 5, p. 350. Eks.: Den relative VTT for køretid i første række er beregnet som $\frac{0,78}{1,16+0,52}$, hvor 0,78 er den marginale VTT for køretid i SAV alone og 1,16+0,52 er den marginale VTT for køretid i en konventionel bil for nuværende bilførere.

3.2.6 Yap et al. (2016)

Yap et al. (2016) er publiceret i Transportation Research Part A.

Metode

Yap et al. bruger et online spørgeskema med et SP eksperiment med seks hypotetiske valg pr. respondent til at analysere transportmiddelvalg mellem bilrejser og togrejser kombineret med forskellige frabringer-transportmidler: Cykel, offentlig transport i form af bus/ sporvogn/metro (PT) og to typer af delte AV'er: SAV manual og SAV automatic. I SAV manual kører brugeren bilen manuelt, mens bilen selv kører, fra den afleverer en passager, til den samler den næste op. SAV automatic er fuldt selvkørende på hele rejsen. Kørselsoplevelsen i SAV'erne beskrives således i spørgeskemaet:

“Over the last years, many developments took place regarding vehicles which are able to drive partially, or even fully automated. A vehicle which is able to drive fully automated, without driver intervention, is called a cybercar. One of the possible applications of such a cybercar is to increase the attractiveness of the door-to-door journey for which train is used as main mode of transportation. The cybercar would then be used for egress between the train station where a traveller leaves the train and the final destination of the journey. When a passenger leaves the train, the cybercar is waiting near the station for the transport to the final destination. This 100% electric vehicle always supplies a direct, non-stop connection to the final destination and always stops direct in front of the destination. The cybercar can also be used to travel back from an appointment to the train station. During a trip the cybercar can be accessible only for you as traveller (with a possible travel partner), or the cybercar has to be shared with a few unknown fellow travellers having the same destination”. [Yap et al. 2016, pp. 8-9]

“In the survey we explicitly clarified to respondents that sharing the AV does not lead to a probability of making a detour to drop-off another passenger first, only passengers having the same destination would be allowed to share the AV.” [Yap et al. 2016, p. 4]

Deltagerne i undersøgelsen er rekrutteret fra et stort nationalt online panel i Holland med målsætning om en stikprøve repræsentativ for befolkningen af hollandske rejsende. Det er et krav, at deltagerne gennemsnitligt rejser mindst to gange om måneden og er over 18 år.

Stikprøven indeholder 761 respondenter og er også nogenlunde repræsentativ for den voksne hollandske befolkning mht. alder, køn, beskæftigelsestype, uddannelse og indkomst (aldersgruppen 40-65, samt gruppen af højere uddannede og grupper med højere indkomster er lettere overrepræsenteret).

Yap et al. anvender en mixed logit model med individ-specifikke random effects for transportmiddelpræferencer, men med ikke-stokastisk VTT. Modellen er lineær i rejsetid og omkostninger. Lige som Krueger et al. (2016), anvendes der separate omkostnings-koefficienter for de forskellige transportmidler, hvilket er noget usædvanligt og ikke umiddelbart har teoretisk belæg.

Resultater

- Yap et al. beregner ikke VTT, men vi har beregnet VTT-værdier ud fra parameterestimaterne i deres Table 8.⁷ Disse VTT værdier ses i Tabel 12.
- Yap et al. måler to forskellige VTT-værdier for hvert SAV transportmiddel: En værdi for rejsealternativer, der involverer 1. klasses tog (hvilket medfører en rabat på SAV-prisen), og en værdi for rejsealternativer, der involverer 2. klasses tog (ingen rabat). Respondenterne, der vælger 1. klasses tog og får rabat på SAV-prisen har højere VTT i begge SAV transportmidler. Forskellen mellem de to kommer fra to effekter: Effekten af at beskrive en pris som "med rabat", hvilket kan påvirke opfattelsen af et beløb, samt en selektionseffekt, som kan opstå hvis rejsende, der foretrækker 1. klasse har systematisk anderledes VTT end rejsende, der foretrækker 2. klasse. Det er ikke muligt at skelne mellem de to effekter i dette studie.
- VTT i SAV-automatic er meget højere end VTT i en konventionel bil, mens VTT i SAV-manual er lidt lavere end VTT i en konventionel bil. Det er ikke klart, om disse forskelle er signifikante. Bemærk dog, at forskellen mellem VTT i SAV-automatic og VTT i SAV-manual ikke er signifikant på 5% niveau, og kun marginalt signifikant på 10% niveau.⁸
- Forfatterens fokus og formål med artiklen er ikke VTT-værdierne, men i stedet fortolkningen af de "faste" transportmiddelpræferencer (som er uafhængige af rejsetid og omkostninger)⁹: For multimodale rejser med 1. klasses tog finder de, at SAV'er som frabringer-transportmiddel er foretrukket frem for cykel og offentlig transport. Dog er den konventionelle private bil stærkt foretrukket frem for enhver multimodal tur. For multimodale rejser med 2. klasses tog finder de, at cykel og offentlig transport som frabringer-transportmiddel er foretrukket frem for SAV'er. Forfatterne nævner ikke, om disse effekter er signifikante.

⁷ Bemærk at de temmelig høje robuste standardfejl i tabellen ikke er korrekte, men skyldes en trykfejl. De korrekte robuste standardfejl for køretidskomponenter er noget lavere og resulterer i robuste t-værdier mellem -7,26 og -3,08 (kilde: Email-korrespondance med førsteforfatter Menno Yap).

⁸ Parametrene for køretid i SAV-manual og SAV-automatic er ikke signifikant forskellige på 5% niveau og forskellen er kun marginalt signifikant på 10% niveau. Dette ses ved at bruge den estimerede robuste korrelation mellem parameterestimaterne på 0,201 og de robuste standardfejl på 0,0132 (SAV-manual) og 0,0154 (SAV-automatic), som vi fik via email-korrespondance med førsteforfatter Menno Yap. Vi beregner t-værdien for forskellen mellem parametrene som følger: $t = \frac{-0,054 - -0,084}{\sqrt{0,0132^2 + 0,0154^2 - 2 \cdot 0,201 \cdot 0,0132 \cdot 0,0154}} = 1,65$, hvilket viser, at parametrene ikke er signifikant forskellige på 5% niveau, og at forskellen kun er marginalt signifikant på 10% niveau.

⁹ Disse effekter måles ud fra de såkaldte alternativ-specifikke konstanter.

Tabel 12: VTT i €/time og relative værdier, egne beregninger baseret på resultater fra Yap et al. (2016)

Transportmiddel	VTT (€/t) *	Ratio mellem VTT og VTT for konv. bil**	Ratio mellem VTT og VTT for gang***
Konventionel bil	9,30	1	0,42
Tog 1. klasse (+ tilbringer)	11,18	1,20	0,56
Tog 2. klasse (+ tilbringer)	16,11	1,73	0,70
PT (bus/sporvogn/metro)	4,21	0,45	0,55
Cykel	10,43	1,12	1,10
SAV-manual (med 1. klasses tog)	6,00	0,65	0,74
SAV-manual (med 2. klasses tog)	4,84	0,52	
SAV-automatic (med 1. klasses tog)	17,38	1,87	1,15
SAV-automatic (med 2. klasses tog)	12,29	1,32	

Kilde: Table 8 i Yap et al. (2016).

*Beregnet som forholdet mellem marginalnytter (=præferenceparametre) for rejsetid og penge, ganget med 60 min/t.

**Beregnet som forhold mellem værdier i første søjle.

***Beregnet som forhold mellem marginalnyttens (=præferenceparameteren) for rejsetid i transportmidlet og marginalnyttens for gangtid.

3.3 Willingness-to-pay (WTP) for selvkørende biler eller specifikke servicefunktioner

I dette afsnit kigger vi nærmere på en anden type af kvantitative empiriske resultater, nemlig resultater om betalingsvilje for selvkørende teknologi. Der findes en række studier, der undersøger og måler folks betalingsvilje (WTP, willingness-to-pay) for AV'er eller specifikke servicefunktioner AV'er kan tilbyde. Disse betalingsviljer afspejler til dels, hvor meget man kan forvente, at værdien af rejsetid kan reduceres som følge af forbedret komfort og bedre udnyttelse af tiden i en AV. Nedenfor gennemgår vi studierne og deres resultater, og derefter forsøger vi at oversætte betalingsviljerne direkte til tidsværdier, hvilket naturligvis kræver antagelser om, hvor meget folk rejser i deres køretøjer, men også antagelser om, hvilke fordele betalingsviljen dækker over. Desuden giver WTP-studierne en nyttig indsigt i den enorme variation i betalingsvilje, der findes ikke blot på tværs af studier og lande, men også internt i de enkelte lande. Vi henviser i øvrigt til litteraturgennemgangen i Bansal et al. (2016) for en grundig gennemgang af evidens angående WTP og holdninger til AV-teknologi indtil da.

Bemærk, at studierne fra USA (Daziano et al., 2017, Bansal & Kockelman, 2017, Bansal et al., 2016, Schoettle & Sivak, 2014a, Schoettle & Sivak, 2014b) anvender NHTSA-klassificeringen, men studierne fra Europa (Wilke, 2017, König & Neumayr, 2017, Fraunhofer et al., 2018, Fraunhofer et al. 2016) anvender klassificeringer konsistente med SAE-klassificeringen.¹⁰

Daziano et al. (2017) har lavet en stated preference undersøgelse med 1260 respondenter fra USA, der foretog en række hypotetiske bilvalg mellem en benzinbil, en hybrid elbil, en batteri-elbil og en plug-in hybrid elbil, ud fra oplysninger om bilernes automatiseringsniveau (intet/delvist/fuldt), pris, variable kørselsomkostninger, type, rækkevidde og batteriopladningstid. Forfatterne henviser til NHTSA-klassificeringen, og definerer delvis automatisering som "automated crash avoidance", mens fuld automatisering er NHTSA niveau 4. De finder, at den

¹⁰ König & Neumayr (2017) angiver ikke eksplicit, hvilken klassificering de anvender. Deres analyse drejer sig om AV'er på et niveau der svarer til SAE niveau 5.

gennemsnitlige husholdning har en WTP på \$3500 for delvis automatisering og \$4900 for fuld automatisering (engangsbeløb i forbindelse med køb). Disse gennemsnitsbeløb dækker dog over en høj grad af heterogenitet, hvor cirka en tredjedel af respondenterne har en WTP på nul, mens en mindre gruppe har meget høje WTP-værdier. Stikprøven af respondenter er nogenlunde repræsentativ for USA's befolkning mht. indkomst, arbejdsløshedsprocent og ægteskabelig status, men ikke helt repræsentativ mht. respondenternes biler. Respondenternes biler er gennemsnitligt 7 år gamle (i forhold til 9 år for husholdningernes bilpark) og meget brændstoføkonomiske. Forfatterne mener, dette skyldes, at undersøgelsen kun registrerer den bil, respondenterne bruger mest, og ikke alle husstandens biler. Det er således ikke muligt at konkludere, om noget af forskellen kan skyldes, at respondenterne i højere grad end befolkningen foretrækker brændstoføkonomiske biler.

Bansal & Kockelman (2017) har lavet et omfattende studie af 2167 respondenter fra USA, der målte detaljerede WTP-værdier for en række automatiserede services samt overordnede WTP-værdier for automatisering på NHTSA niveau 3 og 4. De anvendte et online spørgeskema, der udover WTP-spørgsmål indeholdt spørgsmål om respondenternes holdning til AV-teknologi. Deres stikprøve er ikke repræsentativ for USA's befolkning, men resultaterne er vægtet for at tage højde for dette. Den gennemsnitlige WTP for NHTSA niveau 3 og 4 automatisering er \$2438 hhv. \$5857. Resultaterne viser dog, at disse gennemsnit dækker over stor heterogenitet, idet 55-60% havde en WTP på nul (55,4% for NHTSA niveau 3, 58,7% for NHTSA niveau 4) og 7-8% havde en WTP på over \$10,000. De gennemsnitlige WTP-værdier for folk med positiv WTP er \$5470 (NHTSA niveau 3) hhv. \$14.196 (NHTSA niveau 4). Af de mange resultater angående folks holdning til AV-teknologi kan nævnes følgende, der illustrerer, hvor delte meningene er:

- 54.4% betragter AV'er som en nyttig opfindelse,
- 58.4% er bange for AV'er,
- 49% mener, at AV'er vil komme til at fungere pålideligt,
- 44% mener, at hele ideen med AV'er ikke er realistisk,
- 40% indikerer, at de er villige til at anvende AV'er på daglige rejser.

Bansal et al. (2016) er et tidligere tilsvarende studie, dog noget mindre, der omfattede 347 respondenter fra Austin området i Texas, USA. De anvender også stikprøve-vægtning for at opnå resultater, der er repræsentative for befolkningen i USA. De finder, at den gennemsnitlige WTP for fuld automatisering (NHTSA niveau 4) er \$7253, mens værdien for delvis automatisering (NHTSA niveau 3) er \$3300. De rapporterer ikke andelen med WTP=0, men i stedet andelen med $WTP < \$2000$ (34%), $\$2000 < WTP < \5000 (18%), $\$5000 < WTP < \10.000 (19%), og $WTP > \$10.000$ (28%). Også her ses altså en betragtelig grad af heterogenitet i betalingsviljen. Vi bemærker at 52%-fraktilen for WTP, som kan bruges som approksimation for medianen, er på \$5000, hvilket er noget lavere end den gennemsnitlige værdi på \$7253. Bansal et al. (2016) måler ligeledes holdninger til AV-teknologien, folks forventede anvendelse af AV'er, samt i hvor høj grad respondenterne var villige til at anvende dele-AV'er (SAV'er) som funktion af forskellige priser.

Schoettle & Sivak (2014a, 2014b) er en analyse af holdninger til og WTP for fuldt selvkørende biler (NHTSA niveau 4) for 3255 respondenter i seks lande (501 fra USA, 527 fra Storbritannien, 505 fra Australien, 610 fra Kina, 527 fra Indien, 585 fra Japan). Forfatterne betragter stikprøverne som nogenlunde repræsentative for befolkningen, dog med den undtagelse at de udelukkende indeholder folk med internetadgang. Det er derfor sandsynligt, at stikprøverne for Kina og Indien

i højere grad repræsenterer de mere velstillede og højtuddannede dele af befolkningen. I lighed med ovennævnte studier finder man en høj grad af heterogenitet i WTP, hvor store andele af respondenterne angav en WTP på nul (54,4% i USA, 59,8% i Storbritannien, 55,2% i Australien, 21,6% i Kina, 29,8% i Indien, 67,5% i Japan). Andelen for USA stemmer godt overens med resultatet i Bansal & Kockelman (2017). Schoettle & Sivak (2014b) rapporterer 25%, 50% og 75% fraktilerne for WTP-fordelingerne i hver af de seks lande, men ingen gennemsnitsværdi. Schoettle & Sivak (2014a) rapporterer desuden 10% og 90% fraktiler for fordelingerne for USA, Storbritannien og Australien. Det er interessant at bemærke, at 90% fraktilen for USA er \$5800, hvilket er markant lavere end i Bansal & Kockelman (2017), hvor 90%-fraktilen ligger et sted mellem \$14.000 og \$26.000.

Wilke (2017) præsenterer en holdningsundersøgelse blandt 3040 danskere, foretaget på vegne af Vejdirektoratet.¹¹ Stikprøven er vægtet, så resultaterne er repræsentative for befolkningen (over 18 år) mht. køn, alder, region, husstandsstørrelse og bilrådighed. Studiet måler også danskernes WTP for fuld automatisering (engangsbeløb i forbindelse med anskaffelse af bil). 48% har en WTP i intervallet 0-1000 DKK. 17% har en WTP i intervallet 1000-25.000 DKK. 32% har en WTP på 50.000 DKK eller mere, og heraf har de 5% en WTP på over 500.000 DKK. Også her ses altså en meget stor andel med WTP tæt på nul (1000 DKK må betragtes som tæt på nul i denne sammenhæng), og en mindre gruppe med meget høj betalingsvilje. Den gennemsnitlige WTP nævnes ikke i rapporten, men oplyses af Vejdirektoratet til 21.040 DKK. Studiet viser også, at en stor del af den danske befolkning er bekymret for sikkerheden ved selvkørende biler, og ønsker mulighed for selv at gribe ind og overtage kørslen manuelt: Kun 18% vil være trygge ved at køre i en AV uden rat, 44% er bekymrede for generel sikkerhed og tillid til den slags teknologi, 48% er bekymrede for spørgsmål vedrørende juridisk ansvar ved ulykker, og 47% er bekymrede for potentiel software hacking eller andet misbrug.

König & Neumayr (2017) præsenterer resultater fra en online spørgeskemaundersøgelse med 489 respondenter fra 33 lande, dog hovedsageligt fra Østrig. Forfatterne forklarer, at deres analyse skal betragtes som et eksplorativt studie, idet stikprøven bestemt ikke er repræsentativ for befolkningen i eksempelvis Østrig, da der er en overrepræsentation af universitetsuddannede personer, personer under 30 år, samt potentielt personer med interesse i selvkørende biler og AV-teknologi. I spørgeskemaundersøgelsen måles respondenternes holdninger til AV-teknologi, herunder opfattede fordele og bekymringer, samt WTP for automatisering. Teknologien svarer til SAE niveau 5. Artiklen nævner ikke den gennemsnitlige WTP, men blot at 30% af respondenterne har en WTP på nul for AV-teknologi, samt at der findes en lille gruppe (3,5%) som er villige til at betale meget høje beløb for fuldt automatiserede biler. Et andet resultat er, at respondenterne generelt mangler tiltro til funktionaliteten af de fremtidige AV'er, og ønsker at beholde muligheden for selv at gribe ind og overtage kørslen manuelt.

Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation og konsulentfirmaerne Horváth & Partners og Cordence Worldwide har i samarbejde lavet en stated preference undersøgelse med 2500 respondenter fra fem lande: Tyskland, Frankrig, Kina, Japan og USA. I spørgeskemaet blev respondenterne bedt om at rangordne forskellige servicefunktioner og aktivitetsmuligheder i en AV efter nytte og relevans. Desuden angav respondenterne deres WTP for forskellige typer af udstyr og servicefunktioner. Fraunhofer et al. (2018) beskriver undersøgelsen og

¹¹ Også dokumenteret i Nielsen & Haustein (2018).

hovedresultaterne, men kun overordnede resultater angående betalingsviljer, f.eks. at WTP for komfortfunktioner (sæde med behagelig liggeposition eller arbejdsposition, stille rejse) er højere end WTP for andre servicefunktioner, og at der er forskelle landene imellem.

Fraunhofer et al. (2016), som kun beskriver den del af undersøgelsen, der omhandler Tyskland, Japan og USA, viser, hvordan den gennemsnitlige WTP (Euro pr. måned) er fordelt på tværs af seks forskellige aktivitetsgrupper. For en fuldt selvkørende bil (SAE niveau 5) er den gennemsnitlige WTP for aktiviteterne "Kommunikation", "Produktiv tid", "Basale fornødenheder" hhv. €37, €36 og €35 pr. måned, mens "Velvære" ligger lidt lavere på €30 pr. måned og "Information" og "Underholdning" endnu lavere på hhv. €27 og €24 pr. måned. Når de betragter alle aktiviteter under et, finder de at 75% af respondenterne har positiv WTP for en eller flere servicefunktioner, dvs. der er en ganske stor andel af respondenterne, som ikke er villige til at betale noget. Der er stor forskel på WTP mellem SAE niveau 4 og niveau 5. Ikke overraskende er WTP positivt korreleret med, hvor relevante de forskellige servicefunktioner opfattes at være, men WTP er også positivt korreleret med respondentens samlede daglige rejsetid.

Man kan få et groft skøn over tidsværdien i selvkørende biler ved at fordele WTP-værdien for automatisering på det antal timer, der køres i bilen. Det forudsætter, at betalingsviljen udelukkende er baseret på gevinster forbundet med en bedre anvendelse af tiden og en mere sikker og komfortabel rejsetid, og udelukker altså en eventuel "herlighedsværdi" ved at eje en selvkørende bil. Vi inkluderer kun WTP-værdier for fuldt selvkørende biler (NHTSA niveau 4 eller SAE niveau 5), hvilket betyder, at hele rejsetiden kan anvendes til andet end kørsel. Vi antager, at levetiden for en ny AV er 15 år, og at de nye AV'er kommer til at køre 18.230 km hvert år i denne periode.¹² Antager man en gennemsnitlig hastighed på 60 km/t, fås en samlet rejsetid på 4557 timer i bilens levetid. I Tabel 13 nedenfor har vi omregnet gennemsnit eller medianværdier for WTP for køb af fuld automatisering i de ovenstående studier til WTP-værdier pr. times kørsel. Vi har derefter beregnet hvor stor WTP-værdien pr. time er i forhold til VTT for konventionelle biler i året for dataindsamlingen. Dette forhold er udtryk for, hvor meget VTT er mindre i en selvkørende bil i forhold til en konventionel bil.

Som det fremgår af tabellen, er forholdet WTP pr. time / VTT i størrelsesordenen 7%-17%, hvis vi anvender de gennemsnitlige WTP-værdier (fortolkning: et forhold på 10% betyder, at tidsværdien er 10% lavere i en AV i forhold til en konventionel bil). Hvis vi i stedet anvender medianværdierne for WTP, varierer forholdet mellem 0% og 11%. Effekten er altså generelt mindre end i Tabel 6. Værdierne baseret på de gennemsnitlige WTP-værdier virker umiddelbart plausible, men de ekstremt lave værdier baseret på median-WTP fremstiller tydeligt, hvorfor det kan være problematisk at bruge tallene. Vi kan ikke være sikre på, om de mange personer, der angiver en WTP på nul eller tæt på nul, i virkeligheden afslører deres sande præferencer, eller om svaret i højere grad er udtryk for en protest eller skepsis mod selvkørende biler.

¹² Antagelsen om 15 års levetid stammer fra Fagnant & Kockelman (2015), og de 18,230 km (11,327 miles) er den gennemsnitlige årlige kørsel pr. bil for lette køretøjer i USA i 2015 ifølge US Federal Highway Administration (<https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/statistics/2016/vm1.cfm>).

Tabel 13: Omregning af WTP-værdier til absolutte og relative VTT-forskelle

Studie	Data år	WTP (årets priser)	WTP pr. time (årets priser)	WTP pr. time, i DKK (årets priser)*	WTP pr time / VTT **
Daziano et al. (2017)	2014	\$4900 (gennemsnit)	\$1,39	8,6	11,1%
Bansal & Kockelman (2017)	2015	\$5857 (gennemsnit)	\$1,67	10,3	13,3%
Bansal & Kockelman (2017)	2015	\$0 (median)	\$0	0	0%
Bansal et al. (2016)	2014	\$7253 (gennemsnit)	\$2,06	12,7	16,5%
Bansal et al. (2016)	2014	\$5000 (median)***	\$1,42	8,8	11,3%
Schoettle & Sivak (2014a)	2014	\$0 (median)	\$0	0	0%
Wilke (2017)	2016	DKK 21.042 (gennemsnit)		5,99	7,0%
Wilke (2017)	2016	DKK 1000 (median)***		0,28	0,3%

Diskonteringsrate: 4%. * Vi har anvendt en gennemsnitlig dollarkurs for 2014-2015 på 617.3 (se

<http://nationalbanken.statistikbank.dk/909>). ** For Wilke (2017) er VTT den officielle danske tidsværdi for 2016 på 86

DKK pr. time. (årets priser). For de øvrige studier er VTT USA's nationale VTT for "local travel" for 2014 på \$12.5 pr.

time (årets priser). Denne værdi stammer fra US Department of Transportation (2014), og er omregnet fra 2012-priser til

2014-priser ved at gange med 1.02 (jf. https://www.bls.gov/data/inflation_calculator.htm). *** 48%-fraktilen og 52%-

fraktilen er brugt som approksimation for medianen.

3.4 Værdisætning af rejsetid i andre transportmidler af relevans for selvkørende biler

I mangel af en VTT for selvkørende biler, har det tidligere været på tale at anvende eksisterende VTT værdier for andre transportmidler. Det er nærliggende at tro, at man kan bruge tidsværdier for bilpassagerer eller togpassagerer til at approksimere tidsværdien i en selvkørende bil, da disse transportmidler minder om forholdene i en selvkørende bil. Dette giver dog ikke umiddelbart mening, som vi forklarer i dette afsnit.

De fleste VTT studier måler, hvor meget rejsetiden i et transportmiddel er værd for de aktuelle brugere af dette transportmiddel. Der er ofte store forskelle i tidsværdi mellem transportmidlerne, og denne forskel er en kombineret effekt af **brugertypeeffekter** (folk med høj tidsværdi bruger i højere grad eksempelvis bil og tog, mens folk med lavere tidsværdi i højere grad bruger eksempelvis bus og S-tog) og reelle **transportmiddeleffekter** (at rejsetiden er mere brugbar eller mindre ubehagelig i et transportmiddel end i et andet). Ofte kan man ikke skelne mellem de to typer af effekter.

I DATIV - det danske tidsværdistudie fra 2003-2007 – (Danmarks Transportforskning, 2007) fandt man også store forskelle i VTT mellem de forskellige transportmidler, hvor bilførere i gennemsnit havde højere tidsværdier end bilpassagerer og togpassagerer, og langt højere tidsværdier end

bus- og S-togs-passagerer.^{13 14} Det er vores bedømmelse, at en del af disse forskelle skyldes brugertypeeffekter. For det første kan man se, at grupperne af bilførere, bilpassagerer og togpassagerer er tre ret forskellige brugertyper. Bilførerne har f.eks. gennemsnitligt højere indkomst og flere er i job eller selvstændige, og der er markant færre mænd end kvinder blandt bilpassagerer og togpassagerer, men bilførerne har en overvægt af mænd. Både bilfører- og bilpassagergruppen indeholder en stor andel pensionister og efterlønnere (lidt flere blandt bilpassagerer end bilførere), mens togpassagergruppen indeholder en stor andel studerende. For det andet viser analysen i Fosgerau et al. (2010), at gruppen af bilførere generelt har højere VTT end grupperne af togpassagerer og buspassagerer, når man sammenligner deres VTT for *samme* transportmiddel.

Når forskellene mellem bilførere, bilpassagerer og togpassagerer til dels skyldes brugertypeeffekter, giver det ikke umiddelbart mening at antage, at tidsværdien for fremtidige brugere af selvkørende biler svarer til tidsværdien for nuværende bilpassagerer eller nuværende togpassagerer. Den effekt, vi gerne vil måle, er en transportmiddeleffekt – nemlig forskellen i VTT mellem en konventionel bil og en bil med mulighed for at anvende rejsetiden, *for en given person eller gruppe*.

Fosgerau et al. (2010) måler VTT for bilførere, buspassagerer og togpassagerer og er i stand til at skelne mellem brugertypeeffekter og transportmiddeleffekter. For at gøre dette, analyserer de data fra hovedeksperimentet i DATIV sammen med data fra et mindre eksperiment i DATIV (eksperiment 3), og måler tidsværdien for den samme person i to forskellige transportmidler:

- Bilføreres VTT i bil (fører) / bus eller bil (fører) / tog
- Buspassagerers VTT i bus / bil (fører) eller bus / tog
- Togpassagerers VTT i tog / bil (fører) eller tog / bus

På den måde kan de skelne mellem brugertype-effekter og transportmiddeleffekter. De finder som nævnt en klar brugertypeeffekt, hvor bilførere generelt har højere VTT end grupperne af togpassagerer og buspassagerer, når man sammenligner deres VTT for *samme* transportmiddel. Med hensyn til transportmiddeleffekter, finder de, at VTT er signifikant højere i tog end i bil (for en given person). Dette er i modstrid med vores forventning om, at bedre mulighed for anvende rejsetiden medfører lavere VTT. Måske overskygges denne effekt af andre faktorer, såsom lavere komfort i tog eller uvilje mod at bruge tog. Vi kan derfor ikke umiddelbart bruge disse resultater til at sige noget om, hvor meget mindre tidsværdien bliver, hvis den rejsende får mulighed for at anvende rejsetiden til noget andet undervejs, men komforten er uændret.

Fosgerau (2018) argumenterer for, at forskellen mellem bilføreres VTT (som bilfører) og bilpassagerers VTT (som bilpassager) kan betragtes som en øvre grænse for den transportmiddeleffekt, vi er interesseret i. Her burde selve komforten være ens, da det drejer sig om samme transportmiddel, og forskellen er kun hvad rejsetiden kan bruges til. Forskellen mellem VTT for bilførere og bilpassagerer er så en sum af brugertypeeffekten og effekten af at kunne

¹³ Danmarks Transportforskning (2007), Tabel 8 (gennemsnitlige VTT værdier for en repræsentativ kilometer, beregnet med et fælles repræsentativt indkomstniveau). I dag er der mange flere muligheder for anvendelsen af rejsetid pga. bedre internetadgang og større udbredelse af smartphones og tablets, så på den baggrund er DATIV noget forældet,

¹⁴ Det er ikke alle studier, der finder, at bilpassagerer har lavere VTT end bilførere. F.eks. i analysen af en ny havnetunnel i København (Rand & MOE | Tetraplan, 2018), hvor forskellen i VTT mellem bilførere og bilpassagerer ikke var signifikant forskellig fra nul, når man havde kontrolleret for effekter af indkomst, turformål mm.

udnytte rejsetiden (da komforten i øvrigt kan antages at være identisk). Hvis vi tror på, at gruppen af bilførere generelt har højere VTT end gruppen af bilpassagerer, uanset om vi måler deres VTT i det ene eller det andet transportmiddel, vil begge effekter trække i samme retning. Den kombinerede effekt er derfor en øvre grænse for den transportmiddeffekt, vi ønsker at måle. Følger vi dette argument, og anvender en konsensusværdi fra litteraturen, hvor bilpassagerers VTT er ca. 75% af bilføreres VTT, bør tidsværdien i en AV ikke være mindre end ca. 75% af tidsværdien i en konventionel bil.¹⁵

Der er i princippet flere muligheder for at måle, hvor meget VTT påvirkes af, at rejsetiden kan bruges til andre formål, eksempelvis at sove, slappe af, læse, arbejde mm. Men det er vigtigt at understrege, at effekten skal måles som "within-person" eller "within-sample" effekter, så man undgår potentielle selektionsbias (jf. Wardman & Lyons, 2015). Antag eksempelvis, at vi ønsker at måle forskellen i togpasagerers VTT, når man har mulighed for at arbejde undervejs i forhold til når man ikke har den mulighed. Hvis vi blot sammenligner VTT for folk, der arbejder undervejs, med folk der ikke gør, risikerer vi et selektionsproblem: Det er potentielt folk med høje tidsværdier, der vælger at arbejde undervejs, så hvis vi blot sammenligner dem med folk, der ikke arbejder undervejs, måler vi måske den forkerte effekt (selektionseffekten: at VTT er højere for dem, som vælger at arbejde undervejs). Det ideelle ville være at måle forskellen i tidsværdi i forhold til en situation, hvor der ikke arbejdes undervejs (for samme person eller samme stikprøve). Det er også vigtigt at understrege, at man skal kunne kontrollere for effekten af andre faktorer som f.eks. forskelle i komfort.

Wardman & Lyons (2015) nævner, at de trods deres brede erfaring ikke kender til studier, der direkte måler effekten på VTT af at kunne anvende rejsetiden nyttigt.¹⁶ I den forbindelse skal det nævnes, at der formentlig er nye studier på vej, om hvordan tidsværdien er blevet påvirket af muligheden for at anvende rejsetiden bedre som følge af udviklingen inden for informations- og kommunikationsteknologi. Dette var et af temaerne for EU's Horizon 2020 forskningsbevillinger for 2017.¹⁷ Resultaterne fra disse studier vil forhåbentlig kunne give en indikation af, hvor meget tidsværdien i et givet transportmiddel kan ventes at falde, hvis rejsetiden kan anvendes til andre ting end kørsel.

Wardman & Lyons (2015) analyserer 30-40 års empiriske nationale VTT-studier for både private rejser og forretningsrejser for at undersøge, om der er tegn på, at VTT har ændret sig i takt med de senere års udvikling inden for informations- og kommunikationsteknologien, som har gjort det muligt i højere grad at udnytte rejsetiden til forskellige aktiviteter. For private rejser betragter de godt 30 års nationale VTT-studier og finder, at skønt ingen af disse studier direkte forsøger at måle effekten af, hvordan rejsetiden udnyttes, er der to resultater, der potentielt er relateret dertil: For det første er VTT generelt lavere for folk, der rejser i selskab med andre, end for folk, der rejser alene. Dette er konsistent med, at rejsetiden udnyttes mere produktivt (til fritidsformål) i selskab med familie eller bekendte. For det andet stiger tidsværdierne i perioden mindre end

¹⁵ Denne konsensusværdi stammer fra Ho et al. (2015).

¹⁶ Der findes en del studier, der måler effekten på VTT af at have en siddeplads i tog eller metro, f.eks. studierne reviewet i Wardman & Whelan (2011) samt Hörcher, Graham, Anderson (2017) og Bouscasse & de Lapparent (2018), som finder, at en siddeplads reducerer VTT med ca. 26-33%. Det er dog ikke muligt at skelne mellem værdien af den fysiske komfort ved en siddeplads og værdien af at kunne anvende rejsetiden bedre, så dette må ligeledes betragtes som en øvre grænse for effekten af sidstnævnte.

¹⁷ Se <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/mg-8-5-2017.html>

indkomsten, hvilket de fortolker som konsistent med en udvikling, hvor bedre udnyttelse af rejsetiden har en negativ effekt på VTT. Ingen af effekterne kan dog ses som endegyldigt bevis for, at bedre anvendelse af rejsetiden har negativ effekt på VTT, da der er andre faktorer, der også spiller ind: For bilrejser skal der tages højde for, at omkostningerne til en vis grad fordeles på alle bilens passagerer, selv hvis der ikke eksplicit er tale om en deling af de monetære udgifter, hvilket også kan gøre den observerede VTT lavere. I analysen over tid tages der ikke højde for den forøgede komfort i biler, og den stigende trængsel i togene i løbet af perioden, og heller ikke, at indkomstelasticiteten af VTT måske af andre årsager er mindre end én.

For at undersøge udviklingen i VTT for forretningsrejser gennemgår Wardman & Lyons 40 års empiri fra nationale studier af produktivitetsparametrene i den såkaldte Hensher's model, for at se, om disse parametre ændrer sig over tid.¹⁸ De finder temmelig stor variation på tværs af studier og transportmidler, og det er svært at se en tydelig trend over tid. Wardman & Lyons bemærker, at det er svært at skaffe pålidelige data til at estimere parametrene, men de mener at kunne konkludere, at der for togrejser sker en stigning i andelen af sparet rejsetid, der ville være brugt på at arbejde.

Skønt transportlitteraturen har en overflod af empiriske analyser af VTT, må vi samlet set konkludere, at vi ikke anser disse analyser som særligt informative, hvad angår VTT i selvkørende biler.

3.5 Kvalitative resultater om værdisætning af rejsetid i selvkørende biler

I dette afsnit diskuterer vi en række studier, der indeholder erfaringer relateret til værdisætning af rejsetid i selvkørende biler. Vi kalder dette "kvalitative erfaringer", fordi erfaringerne ikke kan oversættes til kvantitative resultater om tidsværdien, selvom mange af studierne indeholder kvantitative resultater.

Singleton (2018) maner til forsigtighed i forhold til at antage, at selvkørende biler vil medføre drastiske ændringer i tidsværdien. For det første henviser han til, at en stor andel af befolkningen er tilbøjelige til køresyge, hvis de læser eller arbejder i en almindelig bil, og at dette formentlig ikke vil blive meget bedre i en selvkørende bil. Faktisk påpeger han, at de niveauer af acceleration/deceleration, der muliggør en produktiv anvendelse af rejsetiden, ikke svarer til dem, der anvendes i simulationsstudier af AV'er, og heller ikke til de niveauer, der er nødvendige for at opnå kapacitetsgevinster ved, at bilerne hurtigt selv kan tilpasse hastigheden efter trafikken omkring sig. For det andet indvender Singleton, at rejsende ikke nødvendigvis vil vælge at anvende rejsetiden mere produktivt, hvis de har muligheden. Han forklarer, at selv blandt togpasagerer, som er den transportmiddelgruppe, der i størst grad anvender rejsetiden (ifølge Singletons egne studier og en meta-analyse af Keseru & Macharis, 2018), er der en betragtelig andel af passagererne, der foretrækker at bruge hovedparten af tiden på at kigge ud af vinduet, tænke, dagdrømme, lytte til musik, samtale med medpassagerer, samt sende sms/emails. Han forventer, at det kun bliver en begrænset del af rejserne (f.eks. lange ture), der kommer til at indeholde aktiviteter, der er produktive nok til at give en signifikant ændring i tidsværdien.

¹⁸ Produktivitetsparametrene i modellen angiver, hvor stor en andel af en rejsetidsbesparelse, der ville være blevet brugt til at arbejde (p), og hvor høj produktiviteten af arbejdet under rejsen er i forhold til på arbejdspladsen (q).

Singletons observation og påstand om anvendelse af rejsetiden stemmer nogenlunde overens med de holdningsstudier, der blev nævnt i afsnit 3.2. Bansal et al. (2016), som måler holdninger til AV'er blandt respondenter fra Texas, rapporterer eksempelvis, at de populæreste anvendelser af rejsetiden i en AV er at kigge ud af vinduet, samtale eller sms'e (74-77% forventer at ville bruge tid på dette), mens søvn, arbejde og underholdning er mindre populært (46-54%). I studiet af Schoettle & Sivak (2014b), der involverer respondenter fra USA, Storbritannien, Australien, Kina, Indien og Japan, forventer en stor andel af respondenterne (30-44% afhængigt af land) at ville bruge tiden på at kigge ud af vinduet eller holde øje med vejen. Fraunhofer et al. (2018), som måler præferencer og holdninger til AV'er for folk i Tyskland, Frankrig, Kina, Japan og USA, finder, at rangordningen af servicefunktioner og aktivitetsmuligheder varierer med rejseformålet, turlængden, antallet af medpassagerer og respondentens samlede daglige rejsetid. Aktiviteten "Sove/slappe af" rangerer gennemsnitligt højere end de øvrige aktiviteter "Underholdning", "Arbejde/være produktiv", "Spise/drikke" og "Wellness/fitness", men dette gennemsnit dækker over store forskelle på tværs af rejseformål og turlængde. For pendlerrejser og øvrige ture af mindre end en times varighed er det generelt "Spise/drikke" og "Underholdning", der rangerer højest.

Skønt Singleton kan have ret i sin forventning om, at størstedelen af rejsetiden i selvkørende biler vil blive brugt til afslapning, privat kommunikation eller underholdning, betyder det ikke, at tidsværdien ikke påvirkes, eller at den påvirkes mindre i forhold til en situation, hvor brugeren arbejder undervejs. Effekten på VTT kommer fra muligheden for at bruge rejsetiden på en anden aktivitet end manuel kørsel, og vi må antage (jf. den teoretiske model i Fosgerau, 2018), at en AV-bruger vil vælge at bruge rejsetiden på afslapning fremfor arbejde, hvis det giver ham højere nytte, hvilket igen er ensbetydende med, at hans VTT med afslapning undervejs er lavere end hans VTT med arbejde undervejs.

4. Opsummering

Der er i øjeblikket meget fokus på, hvordan selvkørende biler kan tænkes at påvirke vores transportsystemer i fremtiden. I denne rapport har vi set på, hvilken national og international viden der er om, hvordan selvkørende biler kan påvirke resultaterne i den samfundsøkonomiske analyse af vejinfrastrukturprojekter. Vi har fokuseret på to afgørende dele: betydningen af selvkørende biler for selve den samfundsøkonomiske metode, og betydningen af selvkørende biler for værdisætning af tidsgevinster.

I dette afsnit opsummerer vi erfaringerne inden for de to dele. Derudover anviser vi anbefalinger til yderligere analyser af emnet.

4.1 Erfaringer vedrørende den samfundsøkonomiske metode

I forhold til samfundsøkonomiske analyser forventes selvkørende biler især at påvirke tidsgevinsterne ved et infrastrukturprojekt gennem ændrede tidsværdier og ændret transportefterspørgsel. Dette er samtidig typisk den vigtigste gevinst ved et vejprojekt og dermed et af de vigtigste elementer i CBA'en. Såfremt man skal tilpasse en CBA, må man derfor især se på disse to forhold. Vi opsummerer erfaringer angående tidsværdierne i afsnit 4.2.

Der er en del studier, som berører, hvilke samfundsøkonomiske konsekvenser der kan være af selvkørende biler. Der er dog kun få, som direkte beskæftiger sig med betydningen af selvkørende biler i forhold til resultaterne i de aktuelle vurderinger af infrastruktur. Den danske analyse i Incentive (2017) er efter vores viden det eneste, som direkte tilpasser en CBA til at tage højde for selvkørende biler. I Incentives analyser laves en ad-hoc tilpasning af metoden.

I forbindelse med vurderingen af efterspørgselseffekten, så har Incentive dels lavet en vurdering af den generelle forventning til trafikarbejdet pga. AV'er og lagt det ind i beregningerne. Dette giver umiddelbart mening. Med hensyn til rutevalgseffekten tages udgangspunkt i det aktuelt beregnede trafikspring, som så skaleres proportionalt mht. ekstragevinsten af motorveje pga. lavere tidsværdi. Dette er en ad-hoc tilgang og på længere sigt bør man arbejde på at udarbejde en decideret elasticitet for efterspørgslen for de forskellige vejtyper på basis af forskellige tidsværdier. Dette vil dog også kræve overvejelser i forhold til generel anvendelse af samme tidsværdier på tværs af transportmiddelvalg, som diskuteres i afsnit 4.3.

Såfremt man ønsker at udbrede en ad-hoc metode til inddragelse af AV'er i CBA'er til en standard metode kan man med fordel arbejde videre ud fra Incentives erfaringer, men anlægge en kritisk tilgang til udførelsen af de enkelte elementer. Ud over betydningen for tidsværdier og for ændret transportefterspørgsel, bør man især vurdere antagelserne i såvel basis som projektscenariene om betydningen af AV'er for hastighederne. På længere sigt vil det desuden være relevant at se på betydningen af inddragelse af regularitet i rejsetider i forhold til blot gennemsnitlig rejsetider.

4.2 Erfaringer vedrørende tidsværdier

Der findes meget få studier, der direkte måler tidsværdien i private selvkørende biler. I skrivende stund er to ud af tre af disse studier kun publiceret som conference-artikler, og ikke i videnskabelige tidsskrifter med peer-review, hvilket betyder, at det kan være svært at vurdere kvaliteten. Vi har givet vores bedste bud i afsnit 3.2. Resultaterne varierer en del mellem studierne: Forholdet mellem tidsværdien i en AV og tidsværdien i en konventionel bil varierer mellem 0.44 og 1.32. Under forudsætningen at AV'er er mindst lige så sikre som konventionelle biler, bør værdien teoretisk set være mindre end 1, idet i det mindste en del af befolkningen vil have flere muligheder for at udnytte rejsetiden i en AV i forhold til den konventionelle bil, mens resten af befolkningen ikke burde have opleve en forringelse i forhold til den konventionelle bil.¹⁹

Forholdet mellem tidsværdien i en AV og tidsværdien i nutidens offentlige transport varierer mellem 0.95 og 1.38, mens forholdet mellem tidsværdien i en AV og tidsværdien for gang varierer mellem 0.14 og 0.61.

Baseret på studierne antal og kvalitet, må det konkluderes, at resultaterne er for usikre til at anvende i praksis. De to studier, der giver relative VTT-værdier i forhold til konventionelle biler, virker ikke pålidelige, og de relative værdier i forhold til offentlig transport er svære at fortolke, da det ikke fremgår eksplicit i studierne, hvilke offentlige transportmidler, der er tale om.

Siden der er så få studier, der direkte måler tidsværdien, har vi også gennemgået en række studier, der måler betalingsviljen for fuld automatisering (engangsbeløb i forbindelse med køb af bil). Man kan bruge denne betalingsvilje til at give et groft skøn over, hvor meget mindre tidsværdien er i en AV i forhold til en konventionel bil. Dette gøres ved at fordele betalingsviljeværdien på det antal timer, der køres i bilen, og sammenligne betalingsviljen pr. time med tidsværdien for en konventionel bil. Beregningen forudsætter, at betalingsviljen udelukkende er baseret på gevinster forbundet med en bedre anvendelse af tiden og en mere sikker og komfortabel rejsetid, og udelukker altså en eventuel "herlighedsværdi" ved at eje en selvkørende bil. Ved en forventet levetid på 4557 timers kørsel (18.230 km årligt i 15 år med en gennemsnitlig hastighed på 60 km/t), fås at tidsværdien i en AV er 0%-17% mindre end i en konventionel bil.²⁰

Samlet set giver litteraturen altså et bredt spænd af mulige værdier, og der kan ikke siges at være konsensus om et passende niveau. Et resultat, der går igen ved flere studier om betalingsvilje, er, at der er en meget høj grad af heterogenitet i befolkningen: Stort set alle studierne rapporterer, at store dele af befolkningen (op til 50-60%) ikke er villige til at betale noget som helst for automatisering, mens en mindre gruppe har meget høj betalingsvilje. Samtidig er store andele af befolkningen bekymret for sikkerheden i selvkørende biler, og mange er slet ikke villige til at anvende en selvkørende bil. Dette bør give anledning til en vis skepsis, da det kunne være tegn på, at den målte betalingsvilje ikke afspejler fordelene ved at kunne anvende rejsetiden til andre aktiviteter end kørsel, men at svaret i højere grad er udtryk for en protest eller skepsis mod selvkørende biler.

¹⁹ Pga. problemer med køresyge er der en vis sandsynlighed for, at en del af befolkningen ikke vil kunne gøre bedre anvendelse af rejsetiden i en AV end i en konventionel bil, jf. afsnit 3.5.

²⁰ Her er anvendt en diskonteringsrente på 4%.

Siden emnet om tidsværdier og selvkørende biler er så nyt, vil det være naturligt at forvente, at der kommer flere studier i de næste par år. Ligeledes forventes, at der vil komme nye studier, der handler om, hvordan tidsværdien er blevet påvirket af muligheden for at anvende rejsetiden bedre som følge af udviklingen indenfor informations- og kommunikationsteknologi, som var et af temaerne for EU's Horizon 2020 forskningsbevillinger for 2017.²¹

Det er nærliggende at tro, at man kan bruge tidsværdier for bilpassagerer eller togpassagerer til at approksimere tidsværdien i en selvkørende bil, da disse transportmidler minder om forholdene i en selvkørende bil. Men idet forskellene mellem bilførere, bilpassagerer og togpassagerer til dels skyldes brugertypeeffekter (forskellige grupper brugere har forskellig tilbøjelighed for at vælge de forskellige transportmidler), giver det ikke umiddelbart mening at antage, at tidsværdien for fremtidige brugere af selvkørende biler svarer til tidsværdien for nuværende bilpassagerer eller nuværende togpassagerer. Den effekt, vi gerne vil måle, er en transportmiddeleffekt – nemlig forskellen i VTT mellem en konventionel bil og en bil med mulighed for at anvende rejsetiden, *for en given person eller gruppe*. Udover studierne i afsnit 3.2 kender vi ikke til publicerede studier, der måler denne effekt.

Vi har ikke fundet studier, der diskuterer værdisætning af rejsetiden med tomkørsel i selvkørende biler.

4.3 Øvrige bemærkninger om tidsværdier

I samfundsøkonomiske analyser i dag bruges normalt en fælles tidsværdi for alle transportmidler, for at behandle alle trafikanter lige og undgå at forfordele personer med høj tidsværdi (som typisk vil være personer med højere indkomst). Den fælles tidsværdi er et vægtet gennemsnit af de målte tidsværdier i de enkelte transportmidler, vægtet så de repræsenterer en gennemsnitlig rejst kilometer for en gennemsnitlig rejsende i 2004.

Hvis man holder fast i at anvende en fælles tidsværdi, skal denne tidsværdi justeres, hvis der kommer et nyt transportmiddel med stor markedsandel og anderledes tidsværdi, hvilket selvkørende biler måske bliver i løbet af en årrække. Denne justering kræver, at man kender markedsandelen og tidsværdien for selvkørende biler.

Alternativt kan man vælge at gå bort fra metoden med en fælles tidsværdi for alle transportmidler. Hvis man ønsker at skelne mellem AV'er og konventionelle biler på den baggrund, at rejsetiden kan anvendes til noget andet undervejs, bør man overveje også at skelne mellem de øvrige transportmidler. Hvis man vil undgå at forfordele bestemte dele af befolkningen med en høj tidsværdi, er det muligt at definere tidsværdierne således, at forskellene i tidsværdier udelukkende repræsenterer forskelle i den potentielle komfort og anvendelse af tiden (altså rene transportmiddeleffekter), og ikke eventuelle brugertypeeffekter, der opstår hvis personer med høj tidsværdi i højere grad vælger selvkørende biler i forhold til andre transportmidler.

²¹ Se <http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/mg-8-5-2017.html>

4.4 Analysemuligheder på kort og længere sigt

I dette afsnit oplyser vi, hvad der kan gøres på kort sigt for at tage højde for selvkørende biler i de samfundsøkonomiske beregninger, og giver et bud på, hvilke analyser, der kan foretages på længere sigt.

På kort sigt:

- Man kan med fordel arbejde videre ud fra Incentives (2017) erfaringer; dog bør der skaffes bedre empirisk grundlag for at vurdere tidsværdierne samt estimere efterspørgselseffekten, ligesom effekten på hastigheder bør revurderes.
- Baseret på litteraturgennemgangen i afsnit 3 forventer vi, at tidsværdien i selvkørende biler skal ligge i intervallet mellem 50% og 100% af tidsværdien for konventionelle bilførere. Det empiriske grundlag for at vurdere tidsværdien i selvkørende biler er meget spinkelt, og de få eksisterende værdisætningsstudier, der findes, er for upålidelige til at give et bud på et mere præcist tal. Vi forventer, at der indenfor få år bliver publiceret mere forskning på området, og at dette vil bidrage til et mere præcist bud. Her er det både relevant at inkludere litteratur, der direkte omhandler værdisætning af rejsetid i selvkørende biler, samt litteratur, der mere generelt handler om effekten på tidsværdien af at kunne udføre forskellige aktiviteter undervejs (ikke kun i bil). Det er velkendt at tidsværdistudier baseret på stated preference data har en indbygget risiko for at være systematisk misvisende, idet de er baseret på hypotetisk adfærd (altså hvad respondenterne påstår at ville gøre) frem for faktisk adfærd. For selvkørende biler er risikoen imidlertid noget større, fordi selve konceptet med selvkørende biler er forbundet med stor usikkerhed, og store dele af befolkningen udtrykker frygt for sikkerheden og uvilje til overhovedet at anvende selvkørende biler eller betale for den selvkørende teknologi. Vi mener derfor, det er vigtigt at sammenholde estimerede tidsværdier fra sådanne studier med resultater fra mere velkendte transportmidler (f.eks. tog og bus) om effekten på tidsværdien af at kunne anvende rejsetiden til forskellige formål.
- På helt kort sigt, hvor der ikke findes pålideligt evidens angående tidsværdien, er man tvunget til at antage en værdi til brug i den samfundsøkonomiske analyse. I så fald kan man vælge at lave en følsomhedsanalyse, for at vurdere, hvor meget resultaterne ændres, hvis den antagne tidsværdi varierer.
- Det bør overvejes, om man fortsat vil anvende samme tidsværdier på tværs af transportmiddelvalg i den samfundsøkonomiske analyse, eller om man vil skelne mellem transportmidler, f.eks. baseret på, i hvor høj grad rejsetiden kan anvendes til andre aktiviteter.
- I forhold til efterspørgselseffekten kan man i første omgang vælge at bruge en elasticitet fra transportlitteraturen (f.eks. fra Rand, 2014, eller Graham & Glaister, 2004). Man kan også følge fremgangsmåden i Incentive (2017) og anvende en trafikmodelprognose, hvor en eksisterende trafikmodel bruges til at forecaste trafikken i et scenarie, hvor alle biler er fuldt selvkørende, ved at antage, at tidsomkostningerne for biler sænkes og vejkapaciteten øges.²² Denne type prognose er nyttig som illustration af effekternes

²² For tilsvarende trafikmodelsimulationer, se Texas A&M Transportation Institute (2016), eller Childress et al. (2015).

størrelse, men det er svært at bruge resultaterne til at sige noget om en situation, hvor der både findes konventionelle biler og selvkørende biler i bilparken, som det må forventes at være tilfældet i en stor del af den 50 års periode, der betragtes i den samfundsøkonomiske analyse. Ligeledes er det sandsynligt, at prognosen undervurderer den ekstra efterspørgsel, som forventes at ville komme fra grupper, der normalt ikke transporterer sig alene i biler (børn, folk uden kørekort, folk der af helbredsmæssige årsager ikke kan køre bil), eller som begrænser deres kørsel pga. alder eller helbredsproblemer. Man kan modificere prognosen til at tage højde for dette ved at estimere den ekstra efterspørgsel efter samme princip som Harper et al. (2016) eller Wadud et al. (2016), baseret på data fra TU eller LTM.²³

- Effekten af at inkludere AV'er i samfundsøkonomiske analyser afhænger naturligvis af, hvor hurtigt teknologien antages at udvikle sig og trænge igennem på markedet. Her kan man vælge at inddelte analyseperioden i mindre perioder med forskellige antagelser om udbredelsen af den selvkørende teknologi (analysen i Incentive, 2017, er et eksempel på denne fremgangsmåde). Det skal så for hver enkelt periode overvejes, hvilke effekter i analysen, der påvirkes. Effekter, der først opstår som følge af en høj grad af niveau 5 selvkørende biler, skal dermed ikke inkluderes i de tidligere perioder. Gevinsten fra den lavere tidsværdi kan antages at slå delvist igennem, når det bliver muligt at køre selvkørende på visse strækninger (f.eks. motorveje), men først fuldt igennem, når hele rejsetiden er selvkørende på alle strækninger.

Analyser på længere sigt:

- Såfremt der gennemføres et nyt dansk tidsværdistudie, er det oplagt at inkludere en undersøgelse af, hvordan tidsværdien i de nuværende transportmidler påvirkes af muligheden for at anvende rejsetiden til forskellige aktiviteter. Vi vil ikke anbefale et stated preference eksperiment i stil med studierne i afsnit 3.2, hvor man måler tidsværdien i selvkørende biler via transportmiddelvalg, der involverer selvkørende biler, da en sådan analyse med stor risiko vil være misvisende, som vi argumenterer ovenfor.
- Hvis man ønsker at forbedre vores trafik-forecast, så der tages højde for en situation med både selvkørende og konventionelle biler (i både turgenerering, transportmiddelvalg og rutevalg), kræver det en udvidelse af LTM eller en anden trafikmodel med et helt nyt transportmiddel (den selvkørende bil). Det er desuden relevant at kunne vurdere omfanget af tom-kørsel (hvor bilen kører uden fører og passagerer), samt effekten af dette på trængselsniveauet.
- I dag inddrager man trængsel i form af gennemsnitlige forsinkelser i trafikprognoser og CBA. Det er ønskværdigt også at inkludere rejsetidsvariabilitet, men det metodiske

²³ Harper et al. (2016) antager, i) at folk uden kørekort vil begynde at rejse lige så meget som folk med kørekort i samme aldersgruppe, ii) at folk i alderen 65-74 vil opføre sig som de 19-64-årige, mens de ældre over 75 år vil opføre sig som nuværende 65-årige, samt at folk, der af fysiske eller helbredsmæssige årsager ikke må køre bil, vil rejse lige så meget som folk uden disse begrænsninger. Disse antagelser medfører en stigning på 14% i antallet af kørte kilometer for personbiler og varevogne (light duty vehicles). Wadud et al. (2016) antager, at folk over 62 år vil begynde at rejse lige så meget som en person på 62 år.

grundlag og den praktiske implementeringsmetode er ikke helt på plads. AV'er kan tænkes at påvirke rejsetidsvariabiliteten, og det er derfor relevant at få færdigudviklet disse metoder.

- Effekten på lokalisering af større infrastrukturprojekter er kun i mindre omfang inddraget i aktuelle CBA'er. Såfremt AV'er får markant indflydelse på kørselsomkostninger, kan det også forventes at påvirke den generelle lokalisering af husholdninger og virksomheder, og dermed det generelle trafikarbejde og trafikmønstre. Dette kan have væsentlig betydning for effekten af større infrastrukturprojekter. Det er derfor relevant også at vurdere, hvordan effekten af AV'er på bosætning kan indlægges i basis- og scenariefremskrivningen.

Referencer

- Bansal, P., Kockelman, K., Singh, A. (2016). Assessing public opinions of and interest in new vehicle technologies: An Austin perspective. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 67, 1-14.
- Bansal, P., Kockelman, K. (2017). Forecasting Americans' long-term adoption of connected and autonomous vehicle technologies. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 95, 49-63.
- Börjesson, M., Fosgerau, M., & Algiers, S. (2012). Catching the tail: Empirical identification of the distribution of the value of travel time. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46, 378-391. doi:10.1016/j.tra.2011.10.006
- Daziano, R., Sarrias, M., Leard, B., (2017). Are consumers willing to pay to let cars drive for them? Analyzing response to autonomous vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 78, 150-164.
- De Looft, E., van Cranenburgh, S., Correia, G., Snelder, M. (2018). Potential changes in value of travel time as a result of vehicle automation: a case-study in the Netherlands. Presented at the 97th Annual Meeting of the Transportation Research Board.
- Danmarks Transportforskning (2007). The Danish Value of Time Study - Final Report.
- Fagnant, D., Kockelman, K. (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, 167-181.
- Fosgerau, M., Hjorth, K., Lyk-Jensen, S. (2010). Between-mode-differences in the value of travel time: Self-selection or strategic behaviour? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 15, 370-381.
- Fosgerau, M. (2018). Zero value of time – Automation and the value of time in passenger transportation. Working paper.
- Fraunhofer IOA, Horváth & Partners (2016). The Value of Time - Potential for user-centered services offered by autonomous driving.
- Fraunhofer IOA, Cordence Worldwide, Horváth & Partners (2018). Enabling the value of time. Implications for the interior design of autonomous vehicles.
- Ho, C., Mulley, C., Shiftan, Y., Hensher, D. (2015). Value of travel time savings for multiple occupant car: evidence from a group-based modelling approach. *Australasian Transport Research Forum 2015 Proceedings*. <http://www.atrf.info/papers/index.aspx>
- Incentive (2017). Effekt af selvkørende biler i samfundsøkonomiske analyser.

- Keseru, I., Macharis, C. (2018). Travel-based multitasking: review of the empirical evidence, *Transport Reviews*, 38:2, 162-183, DOI: 10.1080/01441647.2017.1317048
- Kolarova, V., Steck, F., Cyganski, R., Trommer, S. (2017) Estimation of value of time for autonomous driving using revealed and stated preference methods. Presented at the European Transport Conference 2016.
- Kolarova, V., Steck, F., Bahamonde-Birke, F. (2018). Assessing the effect of autonomous driving on value of travel time savings: a comparison between current and future preferences. Under review for *Transportation Research Part A*
- Kruger, R., Rashidi, T., Rose, J. (2016). Preferences for shared autonomous vehicles. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 69, 343-355.
- König, M., Neumayr, L. (2017). Users' resistance towards radical innovations: The case of the self-driving car. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and behaviour*, 44, 42-52.
- Litman, T. (2018). *Autonomous Vehicle Implementation Predictions: Implications for Transport Planning*, VTPI 2018.
- Milakis, D., van Arem, B., van Wee, B. (2017). Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research, *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 21, 324-348, DOI: 10.1080/15472450.2017.1291351
<https://doi.org/10.1080/15472450.2017.1291351>
- Rand, MOE | Tetraplan (2018). Quantifying travellers' willingness to pay for the Harbour Tunnel in Copenhagen.
- Roeckle, F., Stegmueller, S., Hahn, R., Herrmann, F. (2018). Features of future autonomous cars: beyond interior design. A global survey on user preferences. Presented at the CoFAT2018 Conference.
- Schoettle, B. and Sivak, M. (2014a). A Survey of Public Opinion about Autonomous and Self-driving Vehicles in the US, the UK, and Australia. University of Michigan, Technical Report No. UMTRI-2014-21.
<<http://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/108384/103024.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>
- Schoettle, B. and Sivak, M. (2014b). Public opinion about self-driving vehicles in China, India, Japan, the U.S., the U.K., and Australia. University of Michigan, Technical Report No. UMTRI-2014-30.
- Singleton, P. (2018). Discussing the "positive utilities" of autonomous vehicles: will travellers really use their time productively? *Transport Reviews*, DOI: 10.1080/01441647.2018.1470584
<https://doi.org/10.1080/01441647.2018.1470584>
- Society of Automotive Engineers (2018). *Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*. J3016 SEP2016.
- Steck, F., Kolarova, V., Bahamonde-Birke, F., Trommer, S., Lenz, B. (2018). How Autonomous Driving May Affect the Value of Travel Time Savings for Commuting. Forthcoming in *Transportation Research Record*.

Transport DTU (2018). A review of the effects of autonomous vehicles on road network capacity.

UCL (2017a). Social and behavioural questions associated with Automated Vehicles: A Literature Review. UCL Transport Institute.

UCL (2017b). Social and behavioural questions associated with Automated Vehicles: Scoping study. UCL Transport Institute.

US Department of Transportation (2014). The Value of Travel Time Savings: Departmental Guidance for Conducting Economic Evaluations Revision 2 (2014 Update).

Wardman, M., Lyons, G. (2015). The digital revolution and worthwhile use of travel time: implications for appraisal and forecasting. *Transportation*, 43, 507–530. DOI: 10.1007/s11116-015-9587-0

Wilke (2017). Danskernes forventninger til selvkørende biler. Rapport til Vejdirektoratet. http://www.vejdirektoratet.dk/DA/viden_og_data/temaer/Selvkoerendebiler/Documents/Rapport_070217_short.pdf

Winter, K., Cats, O., Martens, K., van Arem, B. (2017). A Stated Choice Experiment on Mode Choice in an Era of Free-Floating Carsharing and Shared Autonomous Vehicles. Presented at the 96th Annual Meeting of the Transportation Research Board.

Yap, M., Correia, G., van Arem, B. (2016). Preferences of travellers for using automated vehicles as last mile public transport of multimodal train trips. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 94, 1-16.

Bilag A Klassificering af selvkørende biler

A.1. Klassificering af selvkørende biler fra SAE

Følgende beskrivelse er kopieret fra UCL (2017b) og er en forenklet beskrivelse af klassificeringen i Society of Automotive Engineers (2016).

SAE level	Name	Narrative definition
<i>Driver performs part or all of the dynamic driving task (DDT)</i>		
0	No Driving Automation	The performance by the <i>driver</i> of the entire <i>DDT</i> , even when enhanced by <i>active safety systems</i> .
1	Driver Assistance	The <i>sustained</i> and <i>ODD</i> ⁴ -specific execution by a <i>driving automation system</i> of either the <i>lateral</i> or the <i>longitudinal vehicle motion control</i> subtask of the <i>DDT</i> (but not both simultaneously) with the expectation that the <i>driver</i> performs the remainder of the <i>DDT</i> .
2	Partial Driving Automation	The <i>sustained</i> and <i>ODD</i> -specific execution by a <i>driving automation system</i> of both the <i>lateral</i> and <i>longitudinal vehicle motion control</i> subtasks of the <i>DDT</i> with the expectation that the <i>driver</i> completes the <i>object and event detection and response (OEDR)</i> subtask and <i>supervises</i> the <i>driving automation system</i> .
<i>Automated Driving System (ADS) performs the entire DDT (while engaged)</i>		
3	Conditional Driving Automation	The <i>sustained</i> and <i>ODD</i> -specific performance by an <i>ADS</i> of the entire <i>DDT</i> with the expectation that the <i>DDT fallback-ready user</i> is <i>receptive to ADS-issued requests to intervene</i> , as well as to <i>DDT performance-relevant system failures</i> in other <i>vehicle systems</i> , and will respond appropriately.
4	High Driving Automation	The <i>sustained</i> and <i>ODD</i> -specific performance by an <i>ADS</i> of the entire <i>DDT</i> and <i>DDT fallback</i> without any expectation that a <i>user</i> will respond to a <i>request to intervene</i> .
5	Full Driving Automation	The <i>sustained</i> and unconditional (i.e., not <i>ODD</i> -specific) performance by an <i>ADS</i> of the entire <i>DDT</i> and <i>DDT fallback</i> without any expectation that a <i>user</i> will respond to a <i>request to intervene</i> .

ODD: operational design domain.

A.2. Klassificering af selvkørende biler fra NHTSA

Beskrivelsen nedenfor er kopieret fra NHTSA (2013), side 4-5.

The definitions below cover the complete range of vehicle automation, ranging from vehicles that do not have any of their control systems automated (level 0) through fully automated vehicles (level 4).	
Level 0 No-Automation	The driver is in complete and sole control of the primary vehicle controls (brake, steering, throttle, and motive power) at all times, and is solely responsible for monitoring the roadway and for safe operation of all vehicle controls. Vehicles that have certain driver support/convenience systems but do not have control authority over steering, braking, or throttle would still be considered "level 0" vehicles. Examples include systems that provide only warnings (e.g., forward

	collision warning, lane departure warning, blind spot monitoring) as well as systems providing automated secondary controls such as wipers, headlights, turn signals, hazard lights, etc. Although a vehicle with V2V warning technology alone would be at this level, that technology could significantly augment, and could be necessary to fully implement, many of the technologies described below, and is capable of providing warnings in several scenarios where sensors and cameras cannot (e.g., vehicles approaching each other at intersections).
Level 1 Function-specific Automation	Automation at this level involves one or more specific control functions; if multiple functions are automated, they operate independently from each other. The driver has overall control, and is solely responsible for safe operation, but can choose to cede limited authority over a primary control (as in adaptive cruise control), the vehicle can automatically assume limited authority over a primary control (as in electronic stability control), or the automated system can provide added control to aid the driver in certain normal driving or crash-imminent situations (e.g., dynamic brake support in emergencies). The vehicle may have multiple capabilities combining individual driver support and crash avoidance technologies, but does not replace driver vigilance and does not assume driving responsibility from the driver. The vehicle's automated system may assist or augment the driver in operating one of the primary controls – either steering or braking/throttle controls (but not both). As a result, there is no combination of vehicle control systems working in unison that enables the driver to be disengaged from physically operating the vehicle by having his or her hands off the steering wheel AND feet off the pedals at the same time. Examples of function-specific automation systems include: cruise control, automatic braking, and lane keeping.
Level 2 Combined Function Automation	This level involves automation of at least two primary control functions designed to work in unison to relieve the driver of control of those functions. Vehicles at this level of automation can utilize shared authority when the driver cedes active primary control in certain limited driving situations. The driver is still responsible for monitoring the roadway and safe operation and is expected to be available for control at all times and on short notice. The system can relinquish control with no advance warning and the driver must be ready to control the vehicle safely. An example of combined functions enabling a Level 2 system is adaptive cruise control in combination with lane centering. The major distinction between level 1 and level 2 is that, at level 2 in the specific operating conditions for which the system is designed, an automated operating mode is enabled such that the driver is disengaged from physically operating the vehicle by having his or her hands off the steering wheel AND foot off pedal at the same time.
Level 3 Limited Self-Driving Automation	Vehicles at this level of automation enable the driver to cede full control of all safety-critical functions under certain traffic or environmental conditions and in those conditions to rely heavily on the vehicle to monitor for changes in those conditions requiring transition

	back to driver control. The driver is expected to be available for occasional control, but with sufficiently comfortable transition time. The vehicle is designed to ensure safe operation during the automated driving mode. An example would be an automated or self-driving car that can determine when the system is no longer able to support automation, such as from an oncoming construction area, and then signals to the driver to reengage in the driving task, providing the driver with an appropriate amount of transition time to safely regain manual control. The major distinction between level 2 and level 3 is that at level 3, the vehicle is designed so that the driver is not expected to constantly monitor the roadway while driving.
Level 4 Full Self-Driving Automation	The vehicle is designed to perform all safety-critical driving functions and monitor roadway conditions for an entire trip. Such a design anticipates that the driver will provide destination or navigation input, but is not expected to be available for control at any time during the trip. This includes both occupied and unoccupied vehicles. By design, safe operation rests solely on the automated vehicle system.

Tak til

Mogens Fosgerau, Professor, Institut for Økonomi, KU

Thomas C. Jensen, Seniorrådgiver, Transport DTU

Ismir Mulalic, Lektor, Transport DTU